

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-283600
(P2005-283600A)

(43) 公開日 平成17年10月13日(2005. 10. 13)

| | | |
|----------------------------|---------------|-------------|
| (51) Int. Cl. ⁷ | F I | テーマコード (参考) |
| GO 1 B 11/00 | GO 1 B 11/00 | 2 F O 6 5 |
| B 2 5 J 19/04 | B 2 5 J 19/04 | 2 F O 6 9 |
| GO 1 B 21/00 | GO 1 B 21/00 | 3 C O O 7 |

審査請求 有 請求項の数 9 O L (全 33 頁)

| | | | |
|------------|----------------------------------|----------|---|
| (21) 出願番号 | 特願2005-172874 (P2005-172874) | (71) 出願人 | 000000974 川崎重工業株式会社 |
| (22) 出願日 | 平成17年6月13日 (2005. 6. 13) | | 兵庫県神戸市中央区東川崎町 3 丁目 1 番 1 号 |
| (62) 分割の表示 | 特願2002-211553 (P2002-211553) の分割 | (74) 代理人 | 100075557 弁理士 西教 圭一郎 |
| 原出願日 | 平成14年7月19日 (2002. 7. 19) | (74) 代理人 | 100072235 弁理士 杉山 毅至 |
| | | (74) 代理人 | 100101638 弁理士 廣瀬 峰太郎 |
| | | (72) 発明者 | 久保 貞夫 兵庫県明石市川崎町 1 番 1 号 川崎重工業株式会社明石工場内 |

最終頁に続く

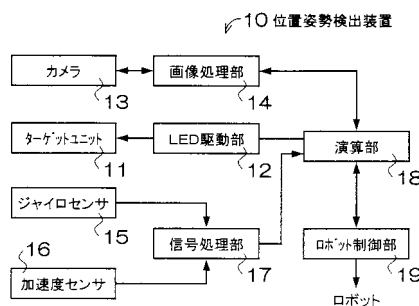
(54) 【発明の名称】 可動体の位置および姿勢検出装置

(57) 【要約】

【課題】 可動体に設定される基準点の位置および可動体の姿勢を高精度で検出することができる可動体の位置および姿勢検出装置を提供する。

【解決手段】 同一直線上に並ばない3個のターゲットを有し、ツール30に設けられるターゲットユニット11と、ロボット座標系における絶対位置が把握されている撮像位置からターゲットユニットを撮影して、ターゲットユニットの画像を表す画像データを生成する複数のカメラ13と、カメラからの画像データに基づいて、ロボット座標系におけるツールに設定された基準点の絶対位置およびツールの絶対姿勢を求める画像処理部14と、ツールに設けられ、ツールの相対角変位および相対スライド変位を検出するジャイロセンサ15および加速度センサ16と、ツールの相対スライド変位および相対角変位と、ツールの基準点の絶対位置および絶対姿勢とに基づいて、ツールの基準点の位置および姿勢を求める演算部18を備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

同一直線上に並ばない 3 個のターゲットを有し、可動体に設けられるターゲットユニットと、

予め定める座標系における絶対位置が把握されている撮像位置からターゲットユニットを撮影して、ターゲットユニットの画像を表す画像データを生成する複数の撮影手段と、

撮影手段からの画像データに基づいて、前記座標系における可動体に設定された基準点の絶対位置および可動体の絶対姿勢を求める第 1 検出手段と、

可動体に設けられ、可動体の相対スライド変位および相対角変位を検出する第 2 検出手段と、

10

第 1 検出手段からの基準点の絶対位置および絶対姿勢と、第 2 検出手段からの可動体の相対スライド変位および相対角変位とに基づいて、基準点の位置および可動体の姿勢を求める演算手段を備えることを特徴とする可動体の位置および姿勢検出装置。

【請求項 2】

可動体に設けられるターゲットと、

ターゲットを予め定める軸線まわりに角変位駆動する駆動手段と、

予め定める座標系における絶対位置が把握されている測距位置からターゲットまでの距離を測定するターゲット距離測定手段と、

ターゲット距離測定手段によって測定された距離に基づいて、前記座標系における可動体に設定された基準点の絶対位置および可動体の絶対姿勢を求める第 1 検出手段と、

20

可動体に設けられ、可動体の相対スライド変位および相対角変位を検出する第 2 検出手段と、

第 1 検出手段からの基準点の絶対位置および絶対姿勢と、第 2 検出手段からの可動体の相対スライド変位および相対角変位とに基づいて、基準点の位置および可動体の姿勢を求める演算手段を備えることを特徴とする可動体の位置および姿勢検出装置。

【請求項 3】

演算手段からの可動体の基準点の位置および可動体の姿勢に基づいて、可動体のスライド変位および角変位を制御する制御手段をさらに備えることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の可動体の位置および姿勢検出装置。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】

【0001】

本発明は、産業用ロボットの手首に連結されるツールなどの可動体の先端部の位置および姿勢を検出する可動体の位置および姿勢検出装置に関する。

【背景技術】

【0002】

産業用ロボットの手首に連結されるツールなどの可動体のスライド変位および角変位を検出して制御する種々の従来技術がある。従来技術として、多関節ロボットのアームの先端にジャイロを設けた姿勢検出装置がある。この姿勢検出装置は、ジャイロによって、アーム先端の相対角変位が検出されて、この相対角変位に基づいてアーム先端に設けられるツールの姿勢を求める。

40

【0003】

他の従来技術として、ロボットのアーム先端に超音波パルスを発生する超音波発信器を設け、所定位置に固定される受信器によって、超音波発信器からの超音波パルスを受信して、超音波パルスが発生してから受信されるまでの時間に基づいて、アーム先端と所定位置との距離を求めて、アーム先端に設けられるツールの位置および姿勢を計測する計測装置がある。

【0004】

さらに他の従来技術として、多関節ロボットのティーチプレイバックを行う際に、多関節ロボットのアーム先端にセンサを設けて、前記センサによって多関節ロボットのアーム

50

先端に設けられるツールと、予め定める位置に配置される較正治具の先端との距離を測定して、温度変化によるアームの長さの変化を補正して、ロボットの制御に必要な各パラメータのキャリブレーションを行う方法がある。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

産業用ロボットは、ある位置に繰り返して位置決めするときの繰り返し精度は、たとえば約50マイクロメートルのように高いけれども、ある所定の位置に位置決めするときの絶対精度が、特に大型ロボットの場合は、たとえば約3~4ミリメートルのように低いので、ロボットを用いる前に、ティーチプレイバック方式で予め教示しておくことがほとんどである。絶対精度の低い原因は、ロボットの幾何学的な製造誤差、重量物を把持したときのアームの撓み、温度によるアームの伸縮および減速機のガタ等によって、ロボットの各関節に設けられる各エンコーダからの検出信号に基づくロボットのアーム先端に設けられるツールに設定される基準点の位置および姿勢が、指令値に対する誤差があるためである。このことが計算機によってオフラインで動作データを生成して、その動作データをロボットにダウンロードして、溶接などの作業をさせたり、センサをアーム先端に設けて、ロボットを計測装置として利用するような、今後のロボットの新しい展開に対する障害となっている。

10

【0006】

このような問題に対して、前述の従来技術のように、相対角変位を検出するジャイロセンサおよび相対スライド変位を検出する加速度センサなどの慣性センサを用いて位置および姿勢を連続的に測定する方法は、慣性航法で使われる一般に知られた方法である。この方法を利用してロボットのアーム先端部の位置および姿勢を求めることができれば、時間的に連続でリアルタイムな測定が可能であり、さらにロボットから離れた位置からロボットの位置および姿勢を測定する場合に比べて、ロボットの位置および姿勢によって死角が生じて、測定に影響しない等の利点がある。

20

【0007】

しかしジャイロセンサは、実際には相対角変位を直接検出するのではなく、相対角速度を測定して、その相対角速度を時間に関して積分することで相対角変位を検出している。また同様に加速度センサは、相対加速度を測定して、その相対加速度を時間に関して2回積分することで相対スライド変位を検出している。したがってロボットのアーム先端の変位量が増えるにつれて、または時間が経過するにつれて、検出誤差およびドリフトが累積するので、このような慣性センサでは、ロボットのアーム先端に設けられるツールの基準点の位置および姿勢を高精度で測定することができない。たとえば市販されている汎用の光ファイバジャイロおよびリングレーザジャイロは、相対加速度の精度は、高々0.01~0.03重力加速度程度であり、この程度の精度であると、ロボットが1秒間動作すると、最悪5~15センチメートルもの誤差が蓄積される。

30

【0008】

また前述の従来技術のように、超音波によるアーム先端に設けられるツールの位置および姿勢を計測において、超音波発信器からの超音波パルスの一部が、ロボットおよびロボットの周辺に設置されている機器などに反射し、その反射波が所定位置に固定される受信器によって受信され、アーム先端と所定位置との距離を正確に求めることができない。またロボットは、高速で動作するので、ドップラー効果によって、アーム先端と所定位置との距離を正確に求めることができない。

40

【0009】

したがって本発明の目的は、可動体に設定される基準点の位置および可動体の姿勢を高精度で検出することができる可動体の位置および姿勢検出装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

請求項1記載の本発明は、同一直線上に並ばない3個のターゲットを有し、可動体に設

50

けられるターゲットユニットと、

予め定める座標系における絶対位置が把握されている撮像位置からターゲットユニットを撮影して、ターゲットユニットの画像を表す画像データを生成する複数の撮影手段と、

撮影手段からの画像データに基づいて、前記座標系における可動体に設定された基準点の絶対位置および可動体の絶対姿勢を求める第1検出手段と、

可動体に設けられ、可動体の相対スライド変位および相対角変位を検出する第2検出手段と、

第1検出手段からの基準点の絶対位置および絶対姿勢と、第2検出手段からの可動体の相対スライド変位および相対角変位とに基づいて、基準点の位置および可動体の姿勢を求める演算手段を備えることを特徴とする可動体の位置および姿勢検出装置である。

10

【0011】

本発明に従えば、複数の撮影手段によって、予め定める座標系における絶対位置が把握されている撮像位置から、同一直線上に並ばない3個のターゲットを有し、可動体に設けられるターゲットユニットが撮影され、ターゲットユニットの画像を表す画像データが生成される。撮影手段が複数、たとえば2個あれば、ターゲットユニットを両眼立体視することができる。また撮影手段を、3個以上にすることによって、可動体のスライド変位および角変位によって、各ターゲットが撮影手段の死角領域に入ってしまうことを可及的に防止することができる。

【0012】

第1検出手段によって、撮影手段からの画像データに基づいて、前記座標系における可動体に設定された基準点の絶対位置および可動体の絶対姿勢が求められる。このときターゲットユニットにおいて、3個のターゲットは同一直線上に並ばないので、この3個のターゲットを含む平面を容易に求めて、その平面の法線を求めて、ターゲットを基準とするターゲット座標系を求めることができる。したがって予め定める座標系とターゲット座標系とに基づいて、前記予め定められる座標系における可動体に設定された基準点の絶対位置および可動体の絶対姿勢を容易かつ正確に求めることができる。さらに可動体に設けられる第2検出手段によって、可動体の相対スライド変位および相対角変位が検出される。

20

【0013】

演算手段によって、第1検出手段からの可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢と、第2検出手段からの可動体の相対スライド変位および相対角変位とに基づいて、可動体の基準点の位置および可動体の姿勢が求められる。これによって、たとえば第1検出手段によって求められる可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢が、第2検出手段によって検出される可動体の相対スライド変位および相対角変位よりも高精度であるけれども、第1検出手段は可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢を連続的に求めることができない場合、または、万一、ターゲットユニットが各撮影手段の死角領域に入ってしまった場合、演算手段は、第1検出手段によって可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢が求められるまでは、第2検出手段によって検出される可動体の相対スライド変位および相対角変位に基づいて、可動体の基準点の位置および姿勢を求めることができる。このように演算手段は、2つの検出手段からの可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢、ならびに可動体の相対スライド変位および相対角変位に基づいて、極めて高精度な可動体の基準点の位置および姿勢を連続的に求めることができる。

30

40

【0014】

請求項2記載の本発明は、可動体に設けられるターゲットと、

ターゲットを予め定める軸線まわりに角変位駆動する駆動手段と、

予め定める座標系における絶対位置が把握されている測距位置からターゲットまでの距離を測定するターゲット距離測定手段と、

ターゲット距離測定手段によって測定された距離に基づいて、前記座標系における可動体に設定された基準点の絶対位置および可動体の絶対姿勢を求める第1検出手段と、

可動体に設けられ、可動体の相対スライド変位および相対角変位を検出する第2検出手段と、

50

第1検出手段からの基準点の絶対位置および絶対姿勢と、第2検出手段からの可動体の相対スライド変位および相対角変位とに基づいて、基準点の位置および可動体の姿勢を求める演算手段を備えることを特徴とする可動体の位置および姿勢検出装置である。

【0015】

本発明に従えば、ターゲット距離測定手段によって、予め定める座標系における絶対位置が把握されている測距位置から、可動体に設けられ、駆動手段によって予め定める軸線まわりに角変位するターゲットまでの距離が測定される。第1検出手段によって、ターゲット距離測定手段によって測定された距離に基づいて、前記座標系における可動体に設定された基準点の絶対位置および可動体の絶対姿勢が求められる。ターゲットが角変位することによって、ターゲット距離測定手段は、予め定める座標系における絶対位置が把握されている測距位置から、互いに異なる角度位置に配置されるターゲットまでの距離を、測定することができる。このとき、たとえばターゲットの同一直線上に並ばない3つの角度位置を設定すれば、この3つの角度位置を含む平面を容易に求めて、その平面の法線を求めて、ターゲットを基準とするターゲット座標系を求めることができる。したがって予め定める座標系とターゲット座標系とに基づいて、前記予め定められる座標系における可動体に設定された基準点の絶対位置および可動体の絶対姿勢を容易かつ正確に求められる。さらに可動体に設けられる第2検出手段によって、可動体の相対スライド変位および相対角変位が検出される。

10

【0016】

演算手段によって、第1検出手段からの可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢と、第2検出手段からの可動体の相対スライド変位および相対角変位とに基づいて、可動体の基準点の位置および可動体の姿勢が求められる。これによって、たとえば第1検出手段によって求められる可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢が、第2検出手段によって検出される可動体の相対スライド変位および相対角変位よりも高精度であるけれども、第1検出手段は可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢を連続的に求めることができない場合、または、万一、ターゲットがターゲット距離測定手段の死角領域に入ってしまった場合、演算手段は、第1検出手段によって可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢が求められるまでは、第2検出手段によって検出される可動体の相対スライド変位および相対角変位に基づいて、可動体の基準点の位置および姿勢を求めることができる。このように演算手段は、2つの検出手段からの可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢、ならびに可動体の相対スライド変位および相対角変位に基づいて、極めて高精度な可動体の基準点の位置および姿勢を連続的に求めることができる。

20

30

【0017】

請求項3記載の本発明は、演算手段からの可動体の基準点の位置および可動体の姿勢に基づいて、可動体のスライド変位および角変位を制御する制御手段をさらに備えることを特徴とする。

【0018】

本発明に従えば、演算手段からの高精度の可動体の基準点の位置および可動体の姿勢に基づいて、可動体のスライド変位および角変位を高精度に制御することができる。

【発明の効果】

40

【0019】

請求項1記載の本発明によれば、たとえば第1検出手段によって求められる可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢が、第2検出手段によって検出される可動体の相対スライド変位および相対角変位よりも高精度であるけれども、第1検出手段は可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢を連続的に求めることができない場合、または、万一、ターゲットユニットが各撮影手段の死角領域に入ってしまった場合、演算手段は、第1検出手段によって可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢が求められるまでは、第2検出手段によって検出される可動体の相対スライド変位および相対角変位に基づいて、可動体の基準点の位置および姿勢を求めることができる。このように演算手段は、2つの検出手段からの可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢、ならびに可動体の相対スライド変位および相

50

対角変位に基づいて、極めて高精度な可動体の基準点の位置および姿勢を連続的に求めることができる。

【0020】

請求項2記載の本発明によれば、たとえば第1検出手段によって求められる可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢が、第2検出手段によって検出される可動体の相対スライド変位および相対角変位よりも高精度であるけれども、第1検出手段は可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢を連続的に求めることができない場合、または、万一、ターゲットがターゲット距離測定手段の死角領域に入ってしまった場合、演算手段は、第1検出手段によって可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢が求められるまでは、第2検出手段によって検出される可動体の相対スライド変位および相対角変位に基づいて、可動体の基準点の位置および姿勢を求めることができる。このように演算手段は、2つの検出手段からの可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢、ならびに可動体の相対スライド変位および相対角変位に基づいて、極めて高精度な可動体の基準点の位置および姿勢を連続的に求めることができる。

10

【0021】

請求項3記載の本発明によれば、演算手段からの高精度の可動体の基準点の位置および可動体の姿勢に基づいて、可動体のスライド変位および角変位を高精度に制御することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

図1は、本発明の第1の実施形態の位置および姿勢検出装置10の構成を示すブロック図である。図2は、ロボット20および複数のカメラ13A, 13B, 13Cを模式的に示す図である。位置および姿勢検出装置(以後、単に「位置姿勢検出装置」と表記することがある。)10は、産業用ロボットなどのロボット20の手首24に連結されるツール30などの可動体に設定された基準点の位置およびツール30の姿勢を検出して、ツール30のスライド変位および角変位を制御する。

20

【0023】

ロボット20は、たとえば6軸垂直多関節ロボットである。ロボット20は、ベース部21、下部アーム22、上部アーム23および手首24を有する。ベース部21は、鉛直方向に延びる第1軸線J1まわりに回転可能である。下部アーム22は、水平方向に延びる第2軸線J2まわりに角変位可能にしてベース部21に連結される。上部アーム23は、その基端部が水平方向に延びる第3軸線J3まわりに角変位可能にして下部アーム22の上端部に連結される。手首24は、上部アーム23の軸線に平行に延びる第4軸線J4まわりに角変位可能、かつ前記第4軸線J4に垂直な第5軸線J5まわりに角変位可能にして上部アーム23の先端部に連結される。手首24は、第5軸線J5に垂直な第6軸線J6まわりに角変位可能なフランジ25を有する。ハンド、溶接トーチおよびセンサなどのツール30は、フランジ25に設けられるツールチェンジャー(図示せず)などを介してフランジ25に連結される。

30

【0024】

位置姿勢検出装置10は、ターゲットユニット11、LED駆動部12、カメラ13、画像処理部14、ジャイロセンサ15、加速度センサ16、信号処理部17、演算部18およびロボット制御部19を含んで構成される。

40

【0025】

図3は、ターゲットユニット11を示す斜視図である。ターゲットユニット11は、ツールチェンジャーおよびツール30のいずれかに設けられる。またターゲットユニット11は、ロボット20全体の誤差のうち手首部分の誤差が小さい場合、ロボット20の上部アーム23の先端部に設けてもよい。本実施の形態では、ターゲットユニット11は、ツール30に設けられ、ツール30とともにスライド変位および角変位可能である。ターゲットユニット11は、同一直線上に並ばない3個のターゲットを有する。本実施の形態では、ターゲットユニット11は、第1ターゲット31、第2ターゲット32、第3ターゲ

50

ット33および第4ターゲット34の4つのターゲットを有する。

【0026】

第1ターゲット31～第4ターゲット34は、同形状の球状に形成され、透光性を有し、その重心に互いに異なる色で発光する発光ダイオード(Light Emitting Diode; 略称: LED)を備える。第2ターゲット32は、円柱状の第1リンク35を介して第1ターゲット32に連結される。第3ターゲット33は、円柱状の第2リンク36を介して第1ターゲット32に連結される。第4ターゲット34は、円柱状の第3リンク37を介して第1ターゲット32に連結される。第1～第3リンク35～37は、全く同じ形状であり、第1ターゲット31の重心から第2ターゲット32の重心までの距離と、第1ターゲット31の重心から第3ターゲット33の重心までの距離と、第1ターゲット31から第4ターゲット34までの距離とは、同じである。第1リンク35、第2リンク36および第3リンク37は、それらの軸線が互いに直交するようにして配置される。ターゲットユニット11の第1ターゲット31は、第1ターゲット31の重心がツール30に設定される基準点となるようにして配置される。LED駆動部12は、演算部18からのLED制御信号に基づいて、ターゲットユニット11の各ターゲット31～34に備えられるLEDを発光させるために必要な駆動電力の供給および非供給を行う。

10

【0027】

撮影手段であるカメラ13は、予め定める座標系であるロボット座標系における絶対位置が把握されている撮像位置に配置され、前記撮像位置からターゲットユニット11を撮影して、ターゲットユニット11の画像を表す画像データを生成し、複数設けられる。本実施の形態において、ロボット座標系とは、ロボット20のベース部21が固定される床に平行に延び、互いに直交するx軸およびy軸、ならびに鉛直上向きに延びるz軸で構成される直交座標系である。本実施の形態において、カメラ13は、固体撮像素子(Charge Coupled Device; 略称: CCD)を備えるCCDカメラで実現される。またカメラ13は、本実施の形態では、第1カメラ13A、第2カメラ13Bおよび第3カメラ13Cの3台のカメラで構成され、ロボット座標系における絶対位置が把握されている互いに異なる撮像位置に配置される。各カメラ13A～13Cが配置される撮像位置は、詳細に述べると、ロボット20の動作領域外であって、全カメラ13A～13Cによって、ロボット20の動作領域全体を撮影できる位置である。以後、第1～第3カメラ13A～13Cを区別しない場合には、単に、カメラ13と表記することがある。

20

30

【0028】

第1検出手段である画像処理部14は、たとえばマイクロコンピュータで実現され、演算部18からの計測指令信号が与えられると、カメラ13からの画像データに基づいて画像処理を行い、ロボット座標系におけるツール30に設定された基準点の絶対位置およびツール30の絶対姿勢を求め、求めたツール30の基準点の絶対位置および絶対姿勢を含む絶対位置姿勢検出信号を演算部18に与える。

【0029】

第2検出手段であるジャイロセンサ15および加速度センサ16は、ツール30およびツールチェンジャーのいずれかに設けられ、ツール30とともにスライド変位および角変位可能である。ジャイロセンサ15は、ツール30の角速度を検出することによってツール30の相対角変位を検出して、ツール30の相対角変位を含む相対角変位検出信号を信号処理部17に与える。加速度センサ16は、ツール30のスライド加速度を検出することによってツール30の相対スライド変位を検出して、ツール30の相対スライド変位を含む相対スライド変位検出信号を信号処理部17に与える。本実施の形態において、第2検出手段は、ジャイロセンサ15および加速度センサ16によって構成される。信号処理部17は、ジャイロセンサ15および加速度センサ16からの相対角変位検出信号および相対スライド変位検出信号を、演算部18によって演算処理可能な信号に変換する信号処理を行って、ツール30の相対角変位および相対スライド変位を含む相対変位検出信号を演算部18に与える。

40

【0030】

50

演算手段である演算部 18 は、たとえば中央演算処理装置 (Central Processing Unit ; 略称 : CPU) などの演算処理装置、ならびにランダムアクセスメモリ、リードオンリーメモリおよびハードディスクドライブなどの記憶装置を含んで実現され、位置姿勢検出装置 10 を統括的に制御する。演算部 18 は、ターゲットユニット 11 の各ターゲット 31 ~ 34 への駆動電力の供給および非供給を示す LED 制御信号を、LED 駆動部 12 に与える。また演算部 18 は、ロボット座標系におけるツール 30 に設定された基準点の絶対位置およびツール 30 の絶対姿勢を求めることを示す計測指令信号を、画像処理部 14 に与える。さらに演算部 18 は、ロボット制御部 19 から指令要請信号が与えられると、画像処理部 14 からの絶対位置姿勢検出信号に含まれるロボット座標系におけるツール 30 に設定された基準点の絶対位置およびツール 30 の絶対姿勢と、信号処理部 17 からの相対変位検出信号に含まれるツール 30 の相対角変位およびツール 30 の基準点の相対スライド変位とに基づいて、ツール 30 の基準点の位置およびツール 30 の姿勢を求めて、求めた位置および姿勢に基づく修正制御指令値を含む制御信号をロボット制御部 19 に与える。

10

【0031】

制御手段であるロボット制御部 (以後、単に「制御部」と表記することがある。) 19 は、予め設定されている制御指令値および演算部 18 によって求められる修正指令値を含む制御信号を与えるように要請することを示す指令要請信号を、演算部 18 に与える。また制御部 19 は、演算部 18 から与えられる制御信号に含まれる制御指令値および修正制御指令値に基づいて、ツール 30 のスライド変位および角変位を制御する。ロボット 20 の、下部アーム 22、上部アーム 23、手首 24 およびフランジ 25 は、ロボット 20 に搭載され、制御部 19 によって制御される複数のサーボモータ (図示せず) の駆動力によって、第 1 ~ 第 6 軸線 J1 ~ J6 まわりに角変位する。これによって制御部 19 は、ツール 30 のスライド変位および角変位を制御する。

20

【0032】

図 4 は、カメラ 13 を用いて、ある点 P のロボット座標系における座標 (X, Y, Z) を求める方法を説明するための図である。ここでは理解を容易にするために、第 1 カメラ 13A および第 2 カメラ 13B を用いる場合の、ある点 P のロボット座標系における座標 (X, Y, Z) を求める方法を説明する。第 1 カメラ 13A が撮影した点 P が、第 1 カメラ 13A の撮像面 A1 において点 Q1 として撮影された場合、点 Q1 の第 1 カメラ 13A の撮像面 A1 座標系における座標を (X_{C1}, Y_{C1}) とする。また第 2 カメラ 13B が撮影した点 P が、第 2 カメラ 13B の撮像面 A2 において点 Q2 として撮影された場合、点 Q2 の第 2 カメラ 13B の撮像面 A2 座標系における座標を (X_{C2}, Y_{C2}) とする。このとき点 P と点 Q1 との関係は、次式 (1) で表され、点 P と点 Q2 との関係は、次式 (2) で表される。

30

【0033】

【数 1】

$$\begin{bmatrix} h_1 \cdot X_{C1} \\ h_1 \cdot Y_{C1} \\ h_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C1_{11} & C1_{12} & C1_{13} & C1_{14} \\ C1_{21} & C1_{22} & C1_{23} & C1_{24} \\ C1_{31} & C1_{32} & C1_{33} & C1_{34} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} \quad \dots (1)$$

40

$$\begin{bmatrix} h_2 \cdot X_{C2} \\ h_2 \cdot Y_{C2} \\ h_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C2_{11} & C2_{12} & C2_{13} & C2_{14} \\ C2_{21} & C2_{22} & C2_{23} & C2_{24} \\ C2_{31} & C2_{32} & C2_{33} & C2_{34} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} \quad \dots (2)$$

【0034】

前式 (1) において、 h_1 は、同次座標表現における媒介変数であり、右辺における左

50

側の行列は、予め定められる第1カメラ13Aのカメラパラメータ行列である。前式(2)において、 h_2 は、同次座標表現における媒介変数であり、右辺における左側の行列は、予め定められる第2カメラ13Bのカメラパラメータ行列である。

【0035】

画像処理部14は、第1カメラ13Aからの画像データに基づいて、点Q1の座標(X_{C1}, Y_{C1})、および第2カメラ13Bからの画像データに基づいて、点Q2の座標(X_{C2}, Y_{C2})を求めて、前式(1)および式(2)を連立させて、各媒介変数 h_1, h_2 を消去して、点Pのロボット座標系における座標(X, Y, Z)に関して整理すると、次式(3)が得られる。

$$B = A \cdot V \quad \dots (3) \quad 10$$

【0036】

前式(3)の左辺の行列Bは次式(5)で表され、右辺における左側の行列Aは次式(4)で表され、右辺における右側の行列Vは次式(6)で表される。

【0037】

【数2】

$$A = \begin{bmatrix} C1_{31} \cdot X_{C1} - C1_{11} & C1_{32} \cdot X_{C1} - C1_{12} & C1_{33} \cdot X_{C1} - C1_{13} \\ C1_{31} \cdot Y_{C1} - C1_{21} & C1_{32} \cdot Y_{C1} - C1_{22} & C1_{33} \cdot Y_{C1} - C1_{23} \\ C2_{31} \cdot X_{C2} - C2_{11} & C2_{32} \cdot X_{C2} - C2_{12} & C2_{33} \cdot X_{C2} - C2_{13} \\ C2_{31} \cdot Y_{C2} - C2_{21} & C2_{32} \cdot Y_{C2} - C2_{22} & C2_{33} \cdot Y_{C2} - C2_{23} \end{bmatrix} \quad \dots (4) \quad 20$$

$$B = \begin{bmatrix} C1_{14} - C1_{34} \cdot X_{C1} \\ C1_{24} - C1_{34} \cdot Y_{C1} \\ C2_{14} - C2_{34} \cdot X_{C2} \\ C2_{24} - C2_{34} \cdot Y_{C2} \end{bmatrix} \quad \dots (5)$$

$$V = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad \dots (6)$$

30

【0038】

したがって、点Pのロボット座標系における座標(X, Y, Z)は、次式(7)のように求められる。

$$V = (A^T \cdot A)^{-1} \cdot A^T \cdot B \quad \dots (7)$$

前式(7)において、Tは行列の転置を示す。

【0039】

前述の点Pのロボット座標系における座標(X, Y, Z)の求め方は、第1カメラ13Aおよび第2カメラ13Bの2台のカメラ13を用いた場合であるが、カメラ13を3台以上用いる場合であっても同様にして点Pのロボット座標系における座標(X, Y, Z)を求めることができる。このようにしてロボット座標系におけるターゲットユニット11の第1ターゲット31の重心L1の座標(X_{L1}, Y_{L1}, Z_{L1})を求めることによって、ツール30に設定された基準点の絶対位置を求めることができる。

40

【0040】

また、このようにして画像処理部14は、カメラ13からの画像データに基づいて、ターゲットユニット11の第1~第4ターゲット31~34の重心の座標が得られる。ロボット座標系における第1ターゲット31の重心L1の座標(X_{L1}, Y_{L1}, Z_{L1})、第2ターゲット32の重心L2の座標(X_{L2}, Y_{L2}, Z_{L2})、第3ターゲット33の重心L3の座標(X_{L3}, Y_{L3}, Z_{L3})、第4ターゲット34の重心L4の座標(X_{L4}, Y_{L4}, Z_{L4})とすると、第1ターゲット31から第2ターゲット32に向かう第1基底ベクトル V_x 、第1ターゲット31から第3ターゲット33に向かう第2基底

50

ベクトル V_y および第 1 ターゲット 3 1 から第 4 ターゲット 3 4 に向かう第 3 基底ベクトル V_z は、それぞれ次式 (8)、式 (9) および式 (10) で表される。

【 0 0 4 1 】

【 数 3 】

$$V_x = \frac{(X_{L2} - X_{L1}, Y_{L2} - Y_{L1}, Z_{L2} - Z_{L1})}{\sqrt{(X_{L2} - X_{L1})^2 + (Y_{L2} - Y_{L1})^2 + (Z_{L2} - Z_{L1})^2}} \quad \dots (8)$$

$$V_y = \frac{(X_{L3} - X_{L1}, Y_{L3} - Y_{L1}, Z_{L3} - Z_{L1})}{\sqrt{(X_{L3} - X_{L1})^2 + (Y_{L3} - Y_{L1})^2 + (Z_{L3} - Z_{L1})^2}} \quad \dots (9)$$

$$V_z = \frac{(X_{L4} - X_{L1}, Y_{L4} - Y_{L1}, Z_{L4} - Z_{L1})}{\sqrt{(X_{L4} - X_{L1})^2 + (Y_{L4} - Y_{L1})^2 + (Z_{L4} - Z_{L1})^2}} \quad \dots (10)$$

10

【 0 0 4 2 】

このようにして第 1 ターゲット 3 1 の重心 L_1 を座標原点とし、互いに直交する第 1 ~ 第 3 基底ベクトル V_x , V_y , V_z によって構成されるターゲット座標系が求められる。これによってターゲット座標系のロボット座標系に対する傾斜がわかるので、ツール 3 0 の絶対姿勢を求めることができる。

【 0 0 4 3 】

ここで万一、ターゲットユニット 1 1 の第 2 ~ 第 4 ターゲット 3 2 ~ 3 4 のいずれか 1 つがカメラ 1 3 によって撮影できなくても、第 1 ターゲット 3 1 を含む 3 つの残余のターゲットの重心の座標を求めることによって、前記 3 つの残余のターゲットの重心を含む平面が求められるので、この平面の法線を求めることができる。これによってターゲット座標系を求めることができる。

20

【 0 0 4 4 】

このようなターゲットユニット 1 1 をカメラ 1 3 で撮影して、その画像データに基づいてターゲット座標系を求めて、ツール 3 0 に設定された基準点の位置およびツール 3 0 の姿勢を求めるには、多少の時間、たとえば 0.1 秒程度を要するので、画像処理部 1 4 によってツール 3 0 の基準点の位置および姿勢が求められてから、次に画像処理部 1 4 によってツール 3 0 の基準点の位置および姿勢が求められるまでの間は、ジャイロセンサ 1 5 および加速度センサ 1 6 によって検出される相対角変位および相対スライド変位に基づいて、演算部 1 8 は、ツール 3 0 の基準点の位置および姿勢を求める。

30

【 0 0 4 5 】

ジャイロセンサ 1 5 および加速度センサ 1 6 によって検出される相対角変位および相対スライド変位に基づくツール 3 0 の基準点の位置および姿勢は、画像処理部 1 4 によって求められるツール 3 0 の基準点の位置および姿勢に比べて精度が低いけれども、相対角変位および相対スライド変位の誤差が蓄積されるまでには、新たに画像処理部 1 4 によってツール 3 0 の基準点の位置および姿勢が求められるので、連続して精度の高いツール 3 0 の基準点の位置および姿勢を求めることができる。

40

【 0 0 4 6 】

図 5 は、ロボット制御部 1 9 によるツール 3 0 のスライド変位および角変位を制御する手順を示すフローチャートである。図 6 は、ロボット制御部 1 9 によるツール 3 0 のスライド変位および角変位を制御する方法を説明するための図である。ロボット制御部 1 9 がロボット 2 0 に制御信号を与える時間間隔である指令サイクルを t 秒とする。ステップ s_0 で、制御手順が開始されて、ステップ s_1 に進む。

【 0 0 4 7 】

ステップ s_1 では、演算部 1 8 は、ある時刻 T_i において求めたツール 3 0 の基準点および姿勢を示す実測値 R_i と、予め設定される時刻 T_i におけるツール 3 0 の基準点および姿勢を示す制御指令値 H_i との誤差ベクトル Δ_i を求めて、ステップ s_2 に進む。こ

50

で添字 i は整数である。

【0048】

ステップ s 2 では、演算部 18 は、時刻 T_i から t 秒後の時刻 T_{i+1} における予め設定されているロボット 20 のツール 30 の基準点および姿勢を示す制御指令値 H_{i+1} に、誤差ベクトルの総和 Σ_{i-1} と、ステップ s 1 で求めた誤差ベクトル Σ_i とを加算して、時刻 T_{i+1} における修正制御指令値 N_{i+1} を求めて、ステップ s 3 に進む。誤差ベクトルの総和 Σ_{i-1} とは、時刻 T_i の t 秒前の時刻 T_{i-1} までに累積されている演算部 18 によって求められたツール 30 の基準点および姿勢を示す実測値と、予め設定されるロボット 20 のツール 30 の基準点および姿勢を示す制御指令値との誤差ベクトルの総和である。

10

【0049】

ステップ s 3 では、演算部 18 は、時刻 T_{i+1} において、ステップ s 2 で求めた修正制御指令値 N_{i+1} を含む制御信号をロボット制御部 19 に与えて、ステップ s 4 に進む。ステップ s 4 では、添字 i を $i+1$ に置換えて、ステップ s 1 に戻る。

【0050】

このような手順で制御を行うことによって、図 6 に示すように、演算部 18 によって求められたツール 30 の基準点および姿勢を示す実測値の軌跡 L_{11} は、予め設定されるツール 30 の基準点および姿勢を示す制御指令値の軌跡 L_{10} に近づいていく。したがって演算部 18 から高精度のツール 30 の基準点の位置および姿勢に基づく修正制御指令値を含む制御信号をロボット制御部 19 に与えることによって、ツール 30 のスライド変位および角変位を高精度に制御することができる。

20

【0051】

以上のように本実施の形態の位置姿勢検出装置 10 によれば、複数のカメラ 13 によって、予め定めるロボット座標系における絶対位置が把握されている撮像位置から、ツール 30 に設けられるターゲットユニット 11 が撮影され、ターゲットユニット 11 の画像を表す画像データが生成される。カメラ 13 が複数、たとえば 2 個あれば、ターゲットユニット 11 を両眼立体視することができる。またカメラ 13 を 3 個以上にすることによって、ツール 30 のスライド変位および角変位によって、各ターゲット 31 ~ 34 が各カメラ 13 の死角領域に入ってしまうことを可及的に防止することができる。

【0052】

画像処理部 14 によって、カメラ 13 からの画像データに基づいて、ロボット座標系におけるツール 30 に設定された基準点の絶対位置およびツール 30 の絶対姿勢が求められる。このときターゲットユニット 11 において、4 個のターゲット 31 ~ 34 のうち、いずれの 3 個のターゲットは同一直線上に並ばないので、3 個のターゲットを含む平面を容易に求めて、その平面の法線を求めて、ターゲットを基準とするターゲット座標系を求めることができる。したがってロボット座標系とターゲット座標系とに基づいて、ロボット座標系におけるツール 30 に設定された基準点の絶対位置およびツール 30 の絶対姿勢を容易かつ正確に求めることができる。さらにツール 30 に設けられるジャイロセンサ 15 および加速度センサ 16 によって、ツール 30 の相対スライド変位および相対角変位が検出される。

30

40

【0053】

演算部 18 によって、画像処理部 14 からのツール 30 の基準点の絶対位置および絶対姿勢と、ジャイロセンサ 15 および加速度センサ 16 からのツール 30 の相対スライド変位および相対角変位とに基づいて、ツール 30 の基準点の位置および姿勢が求められる。これによって、たとえば画像処理部 14 によって求められるツール 30 の基準点の絶対位置および絶対姿勢が、ジャイロセンサ 15 および加速度センサ 16 によって検出されるツール 30 の相対スライド変位および相対角変位よりも高精度であるけれども、画像処理部 14 はツール 30 の基準点の絶対位置および絶対姿勢を連続的に求めることができない場合、または、万一、ターゲットユニット 11 が各カメラ 13 の死角に入ってしまった場合、演算部 18 は、画像処理部 14 によってツール 30 の基準点の絶対位置および絶対姿勢

50

が求められるまでは、ジャイロセンサ 15 および加速度センサ 16 によって求められるツール 30 の相対スライド変位および相対角変位に基づいて、ツール 30 の基準点の位置および姿勢を求めることができる。このように演算部 18 は、画像処理部 14 ならびにジャイロセンサ 15 および加速度センサ 16 からのツール 30 の基準点の絶対位置および絶対姿勢、ならびに相対スライド変位および相対角変位に基づいて、極めて高精度なツール 30 の基準点の位置および姿勢を連続的に求めることができる。

【0054】

また本実施の形態の位置姿勢検出装置 10 によれば、演算部 18 からの高精度のツール 30 の基準点の位置および姿勢に基づいて、ツール 30 のスライド変位および角変位を高精度に制御することができる。

10

【0055】

本実施の形態の位置姿勢検出装置 10 において、ターゲットユニット 11 の各ターゲット 31 ~ 34 は、同形状の球状に形成され、LED によって互いに異なる色で発光するとしたけれども、各ターゲット 31 ~ 34 は、画像処理部 14 が、各ターゲット 31 ~ 34 を区別可能であればよい。たとえば、各ターゲット 31 ~ 34 を互いに異なる形状、具体的な一例としては、互いに異なる大きさの球にしてもよい。

【0056】

また本実施の形態の位置姿勢検出装置 10 において、ターゲットユニット 11 は、ツール 30 に設けられ、第 1 ターゲット 31 は、第 1 ターゲット 31 の重心がツール 30 に設定される基準点となるようにして配置されるとしたけれども、これに限ることはない。たとえば、ターゲットユニット 11 を 2 個用いてもよい。この場合、8 つのターゲットは互いに異なる色で発光するようにして、各ターゲットユニット 11 の第 1 ターゲット 31 を、たとえば手首 24 の軸線に関して対称となる位置に配置して、ツール 30 の基準点をツール 30 の重心として、各第 1 ターゲット 31 とツール 30 の基準点との位置関係を把握しておくようにする。ターゲットユニット 11 を 2 個用いることによって、2 つのターゲットユニット 11 がともに、全てのカメラ 13 の死角領域に入る可能性が極めて低くなるので、ほぼ確実にターゲット座標系を求めることができ、したがってツール 30 の基準点の位置および姿勢を確実に求めることができる。

20

【0057】

また各カメラ 13 の視野を狭くし、かつ画像処理部 14 によって求められる第 1 ターゲット 31 の重心の座標に基づいて、ターゲットユニット 11 を自動的に追尾する機能を有する雲台に連結して、各カメラ 13 をスライド変位および角変位させるようにしてもよい。これによって、画像処理部 14 によって求められるツール 30 の基準点の位置および姿勢の精度を向上することができる。

30

【0058】

図 7 は、ジャイロセンサ 15 および加速度センサ 16 によって検出されるツール 30 の相対角変位および相対スライド変位を主にして、ツール 30 の基準点の位置および姿勢を制御する場合の、ツール 30 の基準点の位置および姿勢の実測値の真値からの誤差と時間との関係を示すグラフである。前述の本実施の形態では、画像処理部 14 によって求められるツール 30 の基準点の絶対位置および絶対姿勢を主とし、ジャイロセンサ 15 および加速度センサ 16 によって検出されるツール 30 の相対角変位および相対スライド変位を副として、ツール 30 の基準点の位置および姿勢を制御したが、これとは逆に、ジャイロセンサ 15 および加速度センサ 16 によって検出されるツール 30 の相対角変位および相対スライド変位を主とし、画像処理部 14 によって求められるツール 30 の基準点の絶対位置および絶対姿勢を副として、ツール 30 の基準点の位置および姿勢を制御するようにしてもよい。

40

【0059】

この場合、演算部 18 は、ジャイロセンサ 15 および加速度センサ 16 によって検出されるツール 30 の相対角変位および相対スライド変位に基づく修正制御指令値を含む制御信号をロボット制御部 19 に与え、所定の時間間隔となる時刻 U_1 , U_2 , U_3 , ... , U

50

nにおいて、画像処理部14によって求められるツール30の基準点の絶対位置および絶対姿勢に基づく修正制御指令値を含む制御信号をロボット制御部19に与えることによって、図7の破線L12に示すように、ジャイロセンサ15および加速度センサ16によって検出される相対角変位および相対スライド変位に基づいて修正制御指令値に含まれる誤差を可及的に小さくすることができる。

【0060】

また、たとえばロボット20の動作領域内に複数の予め定める待機点を設定しておくようにしてもよい。この場合、ロボット20が待機点に配置されたときに、画像処理部14によって求められるツール30の基準点の絶対位置および絶対姿勢に基づく修正制御指令値を含む制御信号をロボット制御部19に与えることによって、図7の実線L13に示すように、ジャイロセンサ15および加速度センサ16によって検出されるツール30の相対角変位および相対スライド変位に基づく修正制御指令値に含まれる誤差をほぼ零にすることができる。

10

【0061】

またロボット20の繰返し精度が高いことを利用して、複数の待機点におけるツール30の基準点の位置および姿勢を予め測定しておき、ツール30が待機点に配置されたときに、ジャイロセンサ15および加速度センサ16によって検出されるツール30の相対角変位および相対スライド変位に基づくツール30の基準点の位置および姿勢を、予め測定しておいた数値に置きかえてもよい。

【0062】

また本実施の形態の位置姿勢検出装置10において、カメラ13によってターゲットユニット11を撮影し、その画像データに基づいて、ロボット座標系におけるツール30の基準点の絶対位置および絶対姿勢を求め、ロボット座標系におけるツール30の基準点の絶対位置および絶対姿勢を求めるとしたけれども、これに限ることはない。たとえば前述の待機点近傍に距離計測センサを設置して、ツール30の基準点の位置および姿勢を測定するようにしてもよい。

20

【0063】

またロボット20が繰返し作業を行う場合は、ドライラン時にツール30の基準点の位置および姿勢を測定し、作業前に自動的に制御指令値を修正しておくようにしてもよい。さらにセンサをツール30として用いて、ワークの形状などを計測する計測ロボットとして利用する場合、ワークの計測終了後にツール30の基準点および姿勢の誤差による計測データへの影響を可及的に小さくすることができる。

30

【0064】

図8は、本発明の第2の実施形態の位置および姿勢検出装置50の構成を示すブロック図である。図9は、ロボット20およびレーザ干渉計53を模式的に示す図である。位置および姿勢検出装置(以後、単に「位置姿勢検出装置」と表記することがある。)50は、産業用ロボットなどのロボット20の手首24に連結されるツール30などの可動体に設定された基準点の位置およびツール30の姿勢を検出して、ツール30のスライド変位および角変位を制御する。ロボット20は、第1の実施形態におけるロボット20と同様の軸垂直多関節ロボットであるので、同一の参照符号を付して、詳細な説明は省略する。本実施の形態において、ロボット座標系とは、ロボット20のベース部21が固定される床に平行に延び、互いに直交するx軸およびy軸、ならびに鉛直上向きに延びるz軸で構成される直交座標系である。

40

【0065】

位置姿勢検出装置50は、ターゲット51、回転駆動部52、レーザ干渉計53、測距処理部54、ジャイロセンサ15、加速度センサ16、信号処理部17、演算部58およびロボット制御部19を含んで構成される。

【0066】

ターゲット51は、ロボット20の上部アーム23の先端部、ツールチェンジャーおよびツール30のいずれかに設けられる。本実施の形態では、ターゲットユニット11は、

50

ツール 30 に設けられ、ツール 30 とともにスライド変位および角変位可能である。ターゲット 51 は、たとえばコーナーキューブプリズムで実現され、レーザ干渉計 53 からターゲット 51 に入射したレーザ光を、レーザ光の入射方向とは平行な方向に反射する。駆動手段である回転駆動部 52 は、たとえばステッピングモータ、またはインダクションモータとエンコーダとで実現され、演算部 58 からの回転制御信号に基づいて、ターゲット 51 を予め定める軸線である付加軸線 L 52 まわりに回転駆動するとともに、ターゲット 51 の角度位置を検出可能である。このとき基準点は、ターゲット 51 の回転中心となるように、付加軸線 L 52 を配置する。本実施の形態において、回転とは、360 度未満の角変位および 360 度以上の回転を含むものとする。

【0067】

10

ターゲット距離測定手段であるレーザ干渉計 53 は、予め定める座標系であるロボット座標系における絶対位置が把握されている測距位置に配置され、レーザ光を射出して、ターゲット 51 にレーザ光を入射して、その反射光と、射出したレーザ光と同位相のレーザ光とを干渉させて、干渉強度の最大値および最小値の変化の回数を計数することによって、前記側距位置からターゲット 51 までの距離を測定する。レーザ干渉計 53 には、ターゲット 51 を追尾する機能を有し、ターゲット 51 にレーザ光を常に入射させることができるとともに、レーザ光の射出方向を検出可能である。

【0068】

第 1 検出手段である測距処理部 54 は、たとえばマイクロコンピュータで実現され、演算部 58 からの計測指令信号が与えられると、レーザ干渉計 53 によって測定された距離および検出されたレーザ光の射出方向に基づいて、ロボット座標系におけるツール 30 に設定された基準点の絶対位置およびツール 30 の絶対姿勢を求め、求めたツール 30 の基準点の絶対位置および絶対姿勢を含む絶対位置姿勢検出信号を演算部 58 に与える。測距処理部 54 は、詳細に述べると、レーザ干渉計 53 によって測定された距離および検出されたレーザ光の射出方向に基づいて、レーザ干渉計 53 の座標系である干渉計座標系におけるツール 30 の基準点の絶対位置および絶対姿勢を求めてから、ロボット座標系におけるツール 30 の基準点の絶対位置および絶対姿勢に変換する。

20

【0069】

第 2 検出手段であるジャイロセンサ 15 および加速度センサ 16 は、第 1 の実施形態の位置姿勢検出装置 10 におけるジャイロセンサ 15 および加速度センサ 16 と同様であるので、同一の参照符号を付して、詳細な説明は省略する。信号処理部 17 は、第 1 の実施形態の位置姿勢検出装置 10 における信号処理部 17 と同様であるので、同一の参照符号を付して、詳細な説明は省略する。

30

【0070】

演算手段である演算部 58 は、たとえば CPU などの演算処理装置、ならびにランダムアクセスメモリ、リードオンリーメモリおよびハードディスクドライブなどの記憶装置を含んで実現され、位置姿勢検出装置 50 を統括的に制御する。演算部 58 は、ターゲット 51 の付加軸線 L 52 まわりの回転駆動を示す回転制御信号を回転駆動部 52 と与える。また演算部 58 は、レーザ干渉計 53 によって測定された距離および検出されたレーザ光の射出方向に基づいて、ロボット座標系におけるツール 30 に設定されたツール 30 の基準点の絶対位置および絶対姿勢を求めることを示す計測指令信号を、測距処理部 54 に与える。さらに演算部 58 は、ロボット制御部 19 から指令要請信号が与えられると、測距処理部 54 からの絶対位置姿勢検出信号に含まれるロボット座標系におけるツール 30 の基準点の絶対位置および絶対姿勢と、信号処理部 17 からの相対変位検出信号に含まれるツール 30 の相対角変位および相対スライド変位とに基づいて、ツール 30 の基準点の位置および姿勢を求めて、求めた位置および姿勢に基づく修正制御指令値を含む制御信号をロボット制御部 19 に与える。

40

【0071】

制御手段であるロボット制御部 19 は、第 1 の実施の形態の位置姿勢検出装置 10 におけるロボット制御部 19 と同様であるので、同一の参照符号を付して、詳細な説明は省略

50

する。

【0072】

図10は、レーザ干渉計53およびロボット20における干渉計座標系、付加軸座標系およびロボット座標系を模式的に示す図である。図11は、ツール30がスライド変位および角変位していない静止状態で、ツール30の基準点の位置および姿勢を検出する方法を説明するための図である。ツール30がスライド変位および角変位していない静止状態で、ツール30の基準点の位置および姿勢を検出する方法を以下に説明する。

【0073】

演算部58は、予め定める第1静止角度位置M1にターゲット51を配置することを示す回転制御信号を回転駆動部52に与える。回転駆動部52は、前記回転制御信号に基づいて、ターゲット51を付加軸線L52まわりに回転させて第1静止角度位置M1に配置する。このときレーザ干渉計53は、第1静止角度位置M1に配置されるターゲット51と測距位置との距離を測定するとともに、レーザ光の射出方向を検出する。測距処理部54は、測定された距離および検出された射出方向に基づいて、第1静止角度位置M1に配置されるターゲット51の干渉計座標系の第1静止位置の干渉計座標系における座標を求める。

10

【0074】

続いて演算部58は、第1静止角度位置M1から予め定める回転方向に90度角変位した角度位置である第2静止角度位置M2にターゲット51を配置することを示す回転制御信号を回転駆動部52に与える。回転駆動部52は、前記回転制御信号に基づいて、ターゲット51を付加軸線L52まわりに回転させて第2静止角度位置M2に配置する。このときレーザ干渉計53は、第2静止角度位置M2に配置されるターゲット51と測距位置との距離を測定するとともに、レーザ光の射出方向を検出する。測距処理部54は、測定された距離および検出された射出方向に基づいて、第2静止角度位置M2に配置されるターゲット51の干渉計座標系の第2静止位置の干渉計座標系における座標を求める。

20

【0075】

さらに演算部58は、第1静止角度位置M1から前記回転方向に270度角変位した角度位置である第3静止角度位置M3にターゲット51を配置することを示す回転制御信号を回転駆動部52に与える。回転駆動部52は、前記回転制御信号に基づいて、ターゲット51を付加軸線L52まわりに回転させて第3静止角度位置M3に配置する。このときレーザ干渉計53は、第3静止角度位置M3に配置されるターゲット51と測距位置との距離を測定するとともに、レーザ光の射出方向を検出する。測距処理部54は、測定された距離および検出された射出方向に基づいて、第3静止角度位置M3に配置されるターゲット51の干渉計座標系の第3静止位置の干渉計座標系における座標を求める。

30

【0076】

このようにターゲット51の3つの静止角度位置M1～M3における干渉計座標系の同一直線上に並ばない3つの静止位置が求められたので、測距処理部54は、3つの第1～第3静止位置を含む平面を求めるとともに、これら3つの静止位置およびターゲット51の回転半径から回転中心を決定して、前記回転中心から第1静止位置に向かう第1基底ベクトル V_x 、前記回転中心から第2静止位置に向かう第2基底ベクトル V_y 、および前記回転中心から前記平面に垂直な方向に向かう第3基底ベクトル V_z を求める。このようにして前記回転中心すなわち基準点を座標原点とし、互いに直交する第1～第3基底ベクトル V_x 、 V_y 、 V_z によって構成されるターゲット座標系が求められる。これによってターゲット座標系の干渉計座標系に対する傾斜がわかるので、また、ロボット座標系と干渉計座標系との関係も既知であるので、ツール30の絶対姿勢を求めることができる。

40

【0077】

ここで万一、レーザ干渉計53が、前記第1～第3角度位置M1～M3に配置されるターゲット51にレーザ光を入射させることができなくても、前記第1～第3角度位置M1～M3以外の同一直線上に無い3つの角度位置にターゲット51を配置して、これらの角度位置に配置されるターゲット51の干渉計座標系における第1～第3位置を求めること

50

ができる。これによって測距処理部 5 4 は、この干渉計座標系における第 1 ~ 第 3 位置である 3 つの位置を含む平面を求めるとともに、これら 3 つの位置およびターゲット 5 1 の回転半径から回転中心を求めて、前記回転中心を座標原点とし、互いに直交する第 1 ~ 第 3 基底ベクトル V_x , V_y , V_z を求めて、ターゲット座標系を求めることができる。

【 0 0 7 8 】

図 1 2 は、ツール 3 0 がスライド変位および角変位している動作状態で、ツール 3 0 の基準点の位置および姿勢を検出する方法を説明するための図である。ツール 3 0 がスライド変位および角変位している動作状態で、ツール 3 0 の基準点の位置および姿勢を検出する方法を以下に説明する。

【 0 0 7 9 】

演算部 5 8 は、ロボット 2 0 のツール 3 0 のスライド速度よりも十分に速い回転速度でターゲット 5 1 を回転することを示す回転制御信号を回転駆動部 5 2 に与える。回転駆動部 5 2 は、前記回転制御信号に基づいて、ツール 3 0 のスライド速度よりも十分に速い回転速度でターゲット 5 1 を付加軸線 L 5 2 まわりに回転させる。ターゲット 5 1 が、ツール 3 0 のスライド速度よりも十分に速い回転速度で付加軸線 L 5 2 まわりに回転することによって、所定の時間間隔となる複数、本実施の形態では 3 つの時刻におけるターゲット 5 1 の 3 つの位置が、近似的に、3 つの時刻のうちの最も最近の時刻における付加軸線 L 5 2 に垂直な平面上に存在する。図 1 2 は、理解を容易にするために、3 つの角度位置 $D_1 \sim D_3$ が重ならないように、それぞれ異なる平面（付加軸線 L 5 2 に垂直な平面）上に存在しているように表記しているが、実際には、矢符 C の方向には、ほとんど間隔をあけていない。

【 0 0 8 0 】

レーザ干渉計 5 3 は、前述の所定の時間間隔で、回転しているターゲット 5 1 と測距位置との距離を測定するとともに、レーザ光の射出方向を検出する。そして測距処理部 5 4 は、測定された距離および検出された射出方向に基づいて、測定された各時刻におけるターゲット 5 1 の干渉計座標系における座標を求める。

【 0 0 8 1 】

ある測定時刻 t_i におけるツール 3 0 の基準点の絶対位置および絶対姿勢を求めるためには、前記測定時刻 t_i を含む 3 つの時刻におけるターゲット 5 1 の干渉計座標における座標が必要である。本実施の形態では、測定時刻 t_i と、前記測定時刻 t_i よりも所定の時間間隔だけ過去の第 1 過去時刻 t_{i-1} と、前記第 1 過去時刻 t_{i-1} よりも所定の時間間隔だけ過去の第 2 過去時刻 t_{i-2} とにおけるターゲット 5 1 の干渉計座標における座標を用いる。

【 0 0 8 2 】

測定時刻 t_i において、ターゲット 5 1 は、予め定める基準角度位置 W から前記回転方向に第 1 角度 θ_i だけ角変位した第 1 回転角度位置 D_1 にあるとする。また第 1 過去時刻 t_{i-1} において、ターゲット 5 1 は、基準角度位置 W から前記回転方向に第 2 角度 θ_{i-1} だけ角変位した第 2 回転角度位置 D_2 にあるとする。さらに第 2 過去時刻 t_{i-2} において、ターゲット 5 1 は、基準角度位置 W から前記回転方向に第 3 角度 θ_{i-2} だけ角変位した第 3 回転角度位置 D_3 にあるとする。

【 0 0 8 3 】

レーザ干渉計 5 3 および測距処理部 5 4 によって、各時刻 t_{i-2} , t_{i-1} , t_i におけるターゲット 5 1 の各回転角度位置 $D_1 \sim D_3$ の干渉計座標系における座標が求められる。前述のように、これらの 3 つの座標は、近似的に、測定時刻 t_i における付加軸線 L 5 2 に垂直な平面上に存在する。したがって、これらの 3 つの座標は、同一直線上に並ばないので、測距処理部 5 4 は、これら 3 つの座標を含む円周を有する円の中心の干渉計座標系における座標を求める。この円の中心の座標が、ターゲット 5 1 の回転中心であり、すなわちツール 3 0 の基準点の干渉計座標系の座標である。ロボット座標系と干渉計座標系との関係は既知であるので、ツール 3 0 の基準点の絶対位置を求めることができる。

【 0 0 8 4 】

10

20

30

40

50

また測距処理部 54 は、前述の 3 つの座標を含む平面を求めるとともに、前記 3 つの座標と、ターゲット 51 の回転速度と、所定の時間間隔と、第 1 ~ 第 3 角度 $\theta_1 \sim \theta_3$ とに基づいて、基準角度位置 W の干渉計座標系における座標を求める。さらに測距処理部 54 は、前記回転中心から基準角度位置 W に向かう第 1 基底ベクトル V_x 、前記回転中心から前記平面に平行であって、前記第 1 基底ベクトル V_x に回転方向に角度 90 度を成す第 2 基底ベクトル V_y 、および前記回転中心から前記平面に垂直な方向に向かう第 3 基底ベクトル V_z を求める。このようにして前記回転中心すなわち基準点を座標原点とし、互いに直交する第 1 ~ 第 3 基底ベクトル V_x, V_y, V_z によって構成されるターゲット座標系が求められる。これによってターゲット座標系の干渉計座標系に対する傾斜がわかるので、また、ロボット座標系と干渉計座標系との関係も既知であるので、ツール 30 の絶対姿勢を求めることができる。

【0085】

このようにロボット 20 のツール 30 のスライド速度よりも十分に速い回転速度でターゲット 51 を回転させることによって、たとえば、ターゲット 51 と回転中心との距離を 100 ミリメートルとし、ロボット 20 のツール 30 が 1 ミリメートルだけスライド変位する間に、ターゲット 51 が角度 90 度だけ回転するようにすれば、 $\tan^{-1}(1/100) \approx 0.5$ 度の精度で、ツール 30 の絶対姿勢を求めることができる。

【0086】

以上のように本実施の形態の位置姿勢検出装置 50 によれば、レーザ干渉計 53 によって、ロボット座標系における絶対位置が把握されている測距位置から、ツール 30 に設けられ、回転駆動部 52 によって付加軸線 L 52 まわりに回転するターゲット 51 までの距離が測定されるとともにレーザ光の射出方向が検出される。測距処理部 54 によって、レーザ干渉計 53 によって測定された距離および検出されたレーザ光の射出方向に基づいて、ロボット座標系におけるツール 30 に設定された基準点の絶対位置およびツール 30 の絶対姿勢が求められる。ターゲット 51 が角変位することによって、レーザ干渉計 53 は、ロボット座標系における絶対位置が把握されている測距位置から、互いに異なる 3 つの角度位置に配置されるターゲット 51 までの距離を測定するとともに、レーザ光の射出方向を検出することができる。このとき、たとえばターゲット 51 の互いに異なる 3 つの位置が同一直線上に並ばない場合、この 3 つの位置を含む平面を容易に求めて、その平面の法線を決定して、ターゲット 51 を基準とするターゲット座標系を求めることができる。したがってロボット座標系、干渉計座標系およびターゲット座標系に基づいて、ロボット座標系におけるツール 30 に設定された基準点の絶対位置およびツール 30 の絶対姿勢を容易かつ正確に求めることができる。さらにツール 30 に設けられるジャイロセンサ 15 および加速度センサ 16 によって、ツール 30 の相対スライド変位および相対角変位が検出される。

【0087】

演算部 58 によって、測距処理部 54 からのツール 30 の基準点の絶対位置および絶対姿勢と、ジャイロセンサ 15 および加速度センサ 16 からのツール 30 の相対スライド変位および相対角変位とに基づいて、ツール 30 の基準点の位置および姿勢が求められる。これによって、たとえば測距処理部 54 によって求められるツール 30 の基準点の絶対位置および絶対姿勢が、ジャイロセンサ 15 および加速度センサ 16 によって検出されるツール 30 の相対スライド変位および相対角変位よりも高精度であるけれども、測距処理部 54 はツール 30 の基準点の絶対位置および絶対姿勢を連続的に求めることができない場合、または、万一、ターゲット 51 がレーザ干渉計 53 の死角領域に入ってしまった場合、演算部 58 は、測距処理部 54 によってツール 30 の基準点の絶対位置および絶対姿勢が求められるまでは、ジャイロセンサ 15 および加速度センサ 16 によって検出されるツール 30 の相対スライド変位および相対角変位に基づいて、ツール 30 の基準点の位置および姿勢を求めることができる。このように測距処理部 54 ならびにジャイロセンサ 15 および加速度センサ 16 からのツール 30 の基準点の絶対位置および絶対姿勢、ならびにツール 30 の相対スライド変位および相対角変位に基づいて、極めて高精度なツール 30

の基準点の位置および姿勢を連続的に求めることができる。

【0088】

また本実施の形態のロボットの位置および姿勢検出装置50によれば、演算部58からの高精度のツール30の基準点の位置および姿勢に基づいて、ツール30のスライド変位および角変位を高精度に制御することができる。

【0089】

本実施の形態のロボットの位置および姿勢検出装置50において、ロボット20の動作中においてツール30の姿勢がほとんど変化しない場合、ロボット20の動作領域内に複数の予め定める待機点を設定して、各待機点においてロボット20の動作が停止しているときに、ターゲット51を回転させてツール30の姿勢を求めるようにしてもよい。

10

【0090】

本実施の形態のロボットの位置および姿勢検出装置50において、ターゲット距離測定手段はレーザ干渉計51としたけれども、これに限ることなく、たとえばCCDを有する2台のカメラでもよい。

【0091】

本発明は、次の実施の形態が可能である。

(1) 同一直線上に並ばない3個のターゲットを有し、可動体に設けられるターゲットユニットと、

予め定める座標系における絶対位置が把握されている撮像位置からターゲットユニットを撮影して、ターゲットユニットの画像を表す画像データを生成する複数の撮影手段と、

20

撮影手段からの画像データに基づいて、前記座標系における可動体に設定された基準点の絶対位置および可動体の絶対姿勢を求める第1検出手段と、

可動体に設けられ、可動体の相対スライド変位および相対角変位を検出する第2検出手段と、

第1検出手段からの基準点の絶対位置および絶対姿勢と、第2検出手段からの可動体の相対スライド変位および相対角変位とに基づいて、基準点の位置および可動体の姿勢を求める演算手段を備えることを特徴とする可動体の位置および姿勢検出装置。

【0092】

複数の撮影手段によって、予め定める座標系における絶対位置が把握されている撮像位置から、同一直線上に並ばない3個のターゲットを有し、可動体に設けられるターゲットユニットが撮影され、ターゲットユニットの画像を表す画像データが生成される。撮影手段が複数、たとえば2個あれば、ターゲットユニットを両眼立体視することができる。また撮影手段を、3個以上にすることによって、可動体のスライド変位および角変位によって、各ターゲットが撮影手段の死角領域に入ってしまうことを可及的に防止することができる。

30

【0093】

第1検出手段によって、撮影手段からの画像データに基づいて、前記座標系における可動体に設定された基準点の絶対位置および可動体の絶対姿勢が求められる。このときターゲットユニットにおいて、3個のターゲットは同一直線上に並ばないので、この3個のターゲットを含む平面を容易に求めて、その平面の法線を求めて、ターゲットを基準とするターゲット座標系を求めることができる。したがって予め定める座標系とターゲット座標系とに基づいて、前記予め定められる座標系における可動体に設定された基準点の絶対位置および可動体の絶対姿勢を容易かつ正確に求めることができる。さらに可動体に設けられる第2検出手段によって、可動体の相対スライド変位および相対角変位が検出される。

40

【0094】

演算手段によって、第1検出手段からの可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢と、第2検出手段からの可動体の相対スライド変位および相対角変位とに基づいて、可動体の基準点の位置および可動体の姿勢が求められる。これによって、たとえば第1検出手段によって求められる可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢が、第2検出手段によって検出される可動体の相対スライド変位および相対角変位よりも高精度であるけれども、第1

50

検出手段は可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢を連続的に求めることができない場合、または、万一、ターゲットユニットが各撮影手段の死角領域に入ってしまった場合、演算手段は、第1検出手段によって可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢が求められるまでは、第2検出手段によって検出される可動体の相対スライド変位および相対角変位に基づいて、可動体の基準点の位置および姿勢を求めることができる。このように演算手段は、2つの検出手段からの可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢、ならびに可動体の相対スライド変位および相対角変位に基づいて、極めて高精度な可動体の基準点の位置および姿勢を連続的に求めることができる。

【0095】

たとえば第1検出手段によって求められる可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢が、第2検出手段によって検出される可動体の相対スライド変位および相対角変位よりも高精度であるけれども、第1検出手段は可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢を連続的に求めることができない場合、または、万一、ターゲットユニットが各撮影手段の死角領域に入ってしまった場合、演算手段は、第1検出手段によって可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢が求められるまでは、第2検出手段によって検出される可動体の相対スライド変位および相対角変位に基づいて、可動体の基準点の位置および姿勢を求めることができる。このように演算手段は、2つの検出手段からの可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢、ならびに可動体の相対スライド変位および相対角変位に基づいて、極めて高精度な可動体の基準点の位置および姿勢を連続的に求めることができる。

10

【0096】

(2)可動体に設けられるターゲットと、
 ターゲットを予め定める軸線まわりに角変位駆動する駆動手段と、
 予め定める座標系における絶対位置が把握されている測距位置からターゲットまでの距離を測定するターゲット距離測定手段と、
 ターゲット距離測定手段によって測定された距離に基づいて、前記座標系における可動体に設定された基準点の絶対位置および可動体の絶対姿勢を求める第1検出手段と、
 可動体に設けられ、可動体の相対スライド変位および相対角変位を検出する第2検出手段と、

20

第1検出手段からの基準点の絶対位置および絶対姿勢と、第2検出手段からの可動体の相対スライド変位および相対角変位とに基づいて、基準点の位置および可動体の姿勢を求める演算手段を備えることを特徴とする可動体の位置および姿勢検出装置。

30

【0097】

ターゲット距離測定手段によって、予め定める座標系における絶対位置が把握されている測距位置から、可動体に設けられ、駆動手段によって予め定める軸線まわりに角変位するターゲットまでの距離が測定される。第1検出手段によって、ターゲット距離測定手段によって測定された距離に基づいて、前記座標系における可動体に設定された基準点の絶対位置および可動体の絶対姿勢が求められる。ターゲットが角変位することによって、ターゲット距離測定手段は、予め定める座標系における絶対位置が把握されている測距位置から、互いに異なる角度位置に配置されるターゲットまでの距離を、測定することができる。このとき、たとえばターゲットの同一直線上に並ばない3つの角度位置を設定すれば、この3つの角度位置を含む平面を容易に求めて、その平面の法線を求めて、ターゲットを基準とするターゲット座標系を求めることができる。したがって予め定める座標系とターゲット座標系とに基づいて、前記予め定められる座標系における可動体に設定された基準点の絶対位置および可動体の絶対姿勢を容易かつ正確に求められる。さらに可動体に設けられる第2検出手段によって、可動体の相対スライド変位および相対角変位が検出される。

40

【0098】

演算手段によって、第1検出手段からの可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢と、第2検出手段からの可動体の相対スライド変位および相対角変位とに基づいて、可動体の基準点の位置および可動体の姿勢が求められる。これによって、たとえば第1検出手段に

50

よって求められる可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢が、第2検出手段によって検出される可動体の相対スライド変位および相対角変位よりも高精度であるけれども、第1検出手段は可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢を連続的に求めることができない場合、または、万一、ターゲットがターゲット距離測定手段の死角領域に入ってしまった場合、演算手段は、第1検出手段によって可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢が求められるまでは、第2検出手段によって検出される可動体の相対スライド変位および相対角変位に基づいて、可動体の基準点の位置および姿勢を求めることができる。このように演算手段は、2つの検出手段からの可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢、ならびに可動体の相対スライド変位および相対角変位に基づいて、極めて高精度な可動体の基準点の位置および姿勢を連続的に求めることができる。

10

【0099】

たとえば第1検出手段によって求められる可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢が、第2検出手段によって検出される可動体の相対スライド変位および相対角変位よりも高精度であるけれども、第1検出手段は可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢を連続的に求めることができない場合、または、万一、ターゲットがターゲット距離測定手段の死角領域に入ってしまった場合、演算手段は、第1検出手段によって可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢が求められるまでは、第2検出手段によって検出される可動体の相対スライド変位および相対角変位に基づいて、可動体の基準点の位置および姿勢を求めることができる。このように演算手段は、2つの検出手段からの可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢、ならびに可動体の相対スライド変位および相対角変位に基づいて、極めて

20

【0100】

(3) 演算手段からの可動体の基準点の位置および可動体の姿勢に基づいて、可動体のスライド変位および角変位を制御する制御手段をさらに備えることを特徴とする可動体の位置および姿勢検出装置。

【0101】

演算手段からの高精度の可動体の基準点の位置および可動体の姿勢に基づいて、可動体のスライド変位および角変位を高精度に制御することができる。

【図面の簡単な説明】

【0102】

30

【図1】本発明の第1の実施形態の位置および姿勢検出装置10の構成を示すブロック図である。

【図2】ロボット20および複数のカメラ13A, 13B, 13Cを模式的に示す図である。

【図3】ターゲットユニット11を示す斜視図である。

【図4】カメラ13を用いて、ある点Pのロボット座標系における座標(X, Y, Z)を求める方法を説明するための図である。

【図5】ロボット制御部19によるツール30のスライド変位および角変位を制御する手順を示すフローチャートである。

【図6】ロボット制御部19によるツール30のスライド変位および角変位を制御する方法を説明するための図である。

40

【図7】ジャイロセンサ15および加速度センサ16によって検出されるツール30の相対角変位および相対スライド変位を主にして、ツール30の基準点の位置および姿勢を制御する場合の、ツール30の基準点の位置および姿勢の実測値の真値からの誤差と時間との関係を示すグラフである。

【図8】本発明の第2の実施形態の位置および姿勢検出装置50の構成を示すブロック図である。

【図9】ロボット20およびレーザ干渉計53を模式的に示す図である。

【図10】レーザ干渉計53およびロボット20における干渉計座標系、付加軸座標系およびロボット座標系を模式的に示す図である。

50

【図11】 ツール30がスライド変位および角変位していない静止状態で、ツール30の基準点の位置および姿勢を検出する方法を説明するための図である。

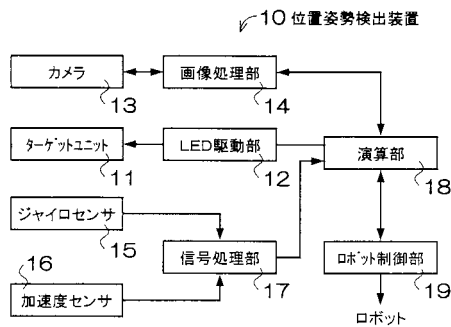
【図12】 ツール30がスライド変位および角変位している動作状態で、ツール30の基準点の位置および姿勢を検出する方法を説明するための図である。

【符号の説明】

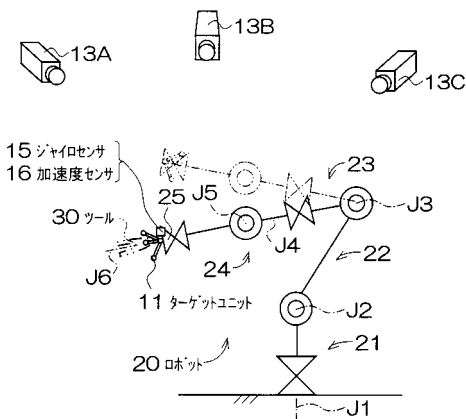
【0103】

- 10, 50 位置姿勢検出装置
- 11 ターゲットユニット
- 31, 32, 33, 34; 51 ターゲット
- 13 カメラ
- 14 画像処理部
- 15 ジャイロセンサ
- 16 加速度センサ
- 18, 58 演算部
- 19 ロボット制御部
- 30 ツール
- 52 回転駆動部
- 53 レーザ干渉計
- 54 測距処理部

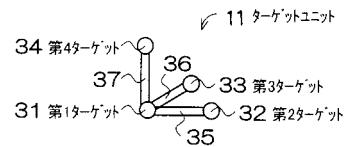
【図1】



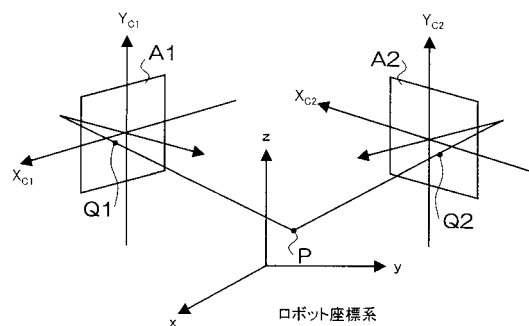
【図2】



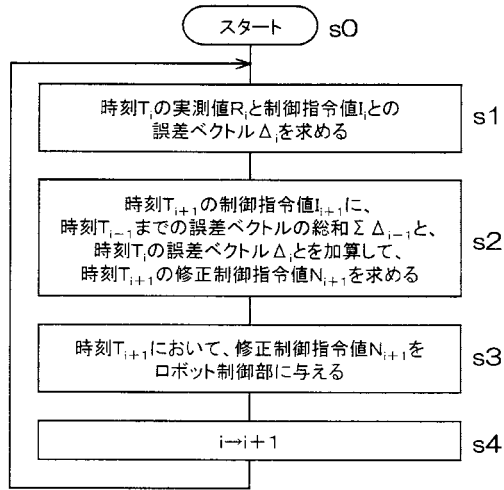
【図3】



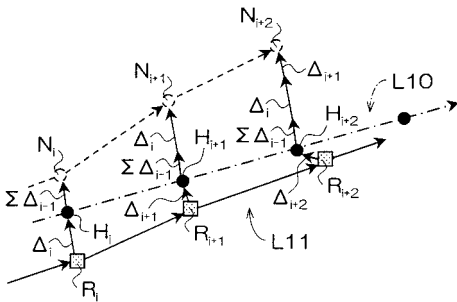
【図4】



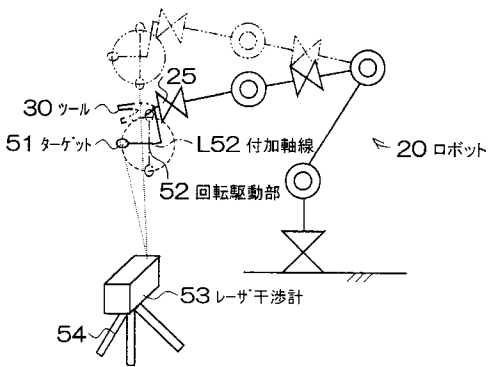
【 図 5 】



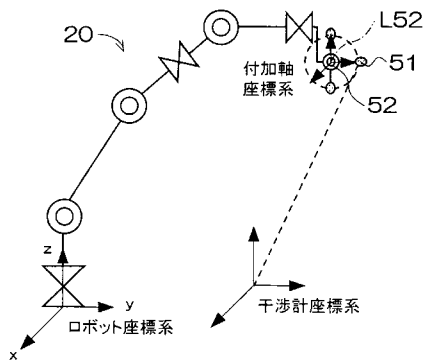
【 図 6 】



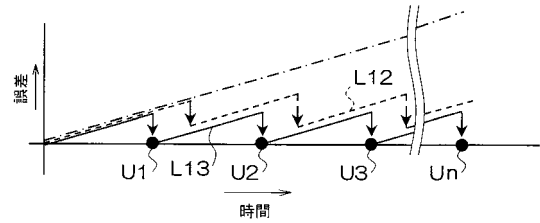
【 図 9 】



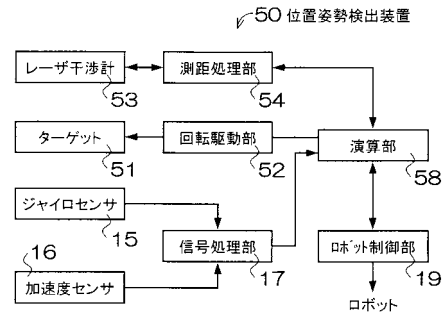
【 図 10 】



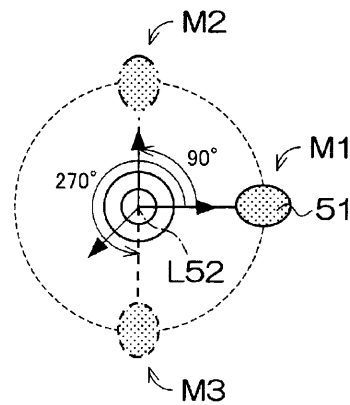
【 図 7 】



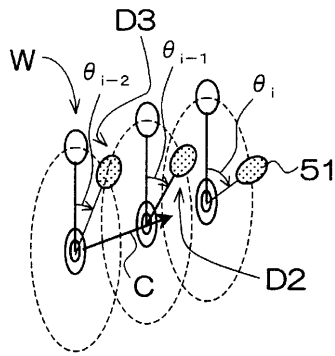
【 図 8 】



【 図 11 】



【図 1 2】



【手続補正書】

【提出日】平成17年7月12日(2005.7.12)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

可動体に設けられるターゲットと、

可動体に対して予め定める軸線まわりにターゲットを角変位駆動する駆動部と、前記予め定める軸線まわりのターゲットの角度位置を検出する角度検出部とを有する駆動手段と

予め定める座標系において予め把握される計測位置に配置されて、予め定める座標系におけるターゲットの位置を求めるための計測値を計測する計測手段と、

前記計測手段の計測結果に基づいて、予め定める座標系におけるターゲットの位置を求める第 1 検出手段と、

前記駆動部によって互いに異なる複数の角度位置にターゲットをそれぞれ角変位させて、前記第 1 検出手段によって求められるターゲットの各位置と、前記角度検出部によって求められるターゲットの各角度位置とに基づいて、予め定める座標系における可動体の位置および姿勢を求める演算手段とを備えることを特徴とする可動体の位置および姿勢検出装置。

【請求項 2】

前記互いに異なる複数の角度位置は、同一直線上に並ばない 3 つの位置にそれぞれ設定されることを特徴とする請求項 1 記載の可動体の位置および姿勢検出装置。

【請求項 3】

移動する可動体の位置および姿勢を求める場合、前記演算手段は、前記駆動部によって可動体の移動速度よりも十分に速い回転速度でターゲットを前記予め定める軸線まわりに回転させて、可動体の位置および姿勢を求めることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の可動体の位置および姿勢検出装置。

【請求項 4】

前記計測手段は、予め定める座標系における撮影位置に配置されて、ターゲットを撮影する複数の撮影手段によって実現され、

前記第 1 検出手段は、各撮影手段によって撮影される画像におけるターゲットの座標に基づいて、予め定める座標系におけるターゲットの位置を求めることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 つに記載の可動体の位置および姿勢検出装置。

【請求項 5】

前記計測手段は、予め定める座標系における測距位置に配置されて、測距位置からターゲットまでの距離と、測距位置に対するターゲットの方向とを求める測距手段によって実現され、

前記第 1 検出手段は、測距手段によって求められる、測距位置からターゲットまでの距離と、測距位置に対するターゲットの方向とに基づいて、予め定める座標系におけるターゲットの位置を求めることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 つに記載の可動体の位置および姿勢検出装置。

【請求項 6】

前記可動体に設けられ、可動体のスライド変位および相対角変位を求める第 2 検出手段をさらに備え、

前記演算手段は、前記角度検出部の検出結果と、前記第 1 検出手段の計算結果と、前記第 2 検出手段の計算結果とに基づいて、可動体の位置および姿勢を求めることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 つに記載の可動体の位置および姿勢検出装置。

【請求項 7】

可動体を変位移動するための産業用ロボットを制御する制御装置であって、

可動体に対して予め設定される軸線まわりにターゲットを角変位駆動する駆動部と、前記予め定める軸線まわりのターゲットの角度位置を検出する角度検出部とを有する駆動手段と、

予め定めるロボット座標系において予め把握される計測位置に配置されて、ロボット座標系におけるターゲットの位置を求めるための計測値を計測する計測手段と、

前記計測手段の計測結果に基づいて、ロボット座標系におけるターゲットの位置を求める第 1 検出手段と、

前記駆動手段によって互いに異なる複数の角度位置にターゲットをそれぞれ移動させて、前記第 1 検出手段によって求められるターゲットの各位置と、前記角度検出部によって求められるターゲットの各角度位置とに基づいて、予め定めるロボット座標系における可動体の位置および姿勢を求める演算手段と、

前記演算手段によって求めた演算結果に基づいて、産業用ロボットを制御する制御手段とを備えることを特徴とする産業用ロボットの制御装置。

【請求項 8】

前記可動体に設けられ、可動体のスライド変位および相対角変位を求める第 2 検出手段をさらに備え、

前記演算手段は、前記角度検出手段の検出結果と、第 1 検出手段の計算結果と、第 2 検出手段の計算結果とに基づいて、可動体の位置および姿勢を求めることを特徴とする請求項 7 記載の産業用ロボットの制御装置。

【請求項 9】

ロボットが待機する複数の待機位置が設定される場合、ロボットが各待機位置にそれぞれ達したときに、演算手段は、駆動手段によって互いに異なる複数の角度位置にターゲットを移動させて、可動体の位置および姿勢を求めることを特徴とする請求項 7 または 8 記

載の産業用ロボットの制御装置。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0006

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0006】

このような問題に対して、前述の従来技術のように、相対角変位を検出するジャイロセンサおよび相対スライド変位を検出する加速度センサなどの慣性センサを用いて位置および姿勢を測定する方法は、慣性航法で使われる一般に知られた方法である。この方法を利用してロボットのアーム先端部の位置および姿勢を求めることができれば、短い時間間隔で順次測定が可能であり、さらにロボットから離れた位置からロボットの位置および姿勢を測定する場合に比べて、ロボットの位置および姿勢によって死角が生じても、測定に影響しない等の利点がある。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0009】

したがって本発明の目的は、可動体の位置および可動体の姿勢を高精度で検出することができる可動体の位置および姿勢検出装置を提供することである。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0010

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0010】

本発明は、可動体に設けられるターゲットと、可動体に対して予め定める軸線まわりにターゲットを角変位駆動する駆動部と、前記予め定める軸線まわりのターゲットの角度位置を検出する角度検出部とを有する駆動手段と

、予め定める座標系において予め把握される計測位置に配置されて、予め定める座標系におけるターゲットの位置を求めるための計測値を計測する計測手段と、

前記計測手段の計測結果に基づいて、予め定める座標系におけるターゲットの位置を求める第1検出手段と、

前記駆動部によって互いに異なる複数の角度位置にターゲットをそれぞれ角変位させて、前記第1検出手段によって求められるターゲットの各位置と、前記角度検出部によって求められるターゲットの各角度位置とに基づいて、予め定める座標系における可動体の位置および姿勢を求める演算手段とを備えることを特徴とする可動体の位置および姿勢検出装置である。

本発明に従えば、駆動手段の駆動部によって互いに異なる複数の角度位置にターゲットを順に移動させる。第1検出手段は、計測手段の計測結果から、ターゲットが各角度位置に配置されるとき、予め定める座標系におけるターゲットの位置をそれぞれ求める。そして演算手段は、第1検出手段が求めたターゲットの各位置と、角度検出部によって検出されるターゲットの各角度位置とに基づいて、可動体の位置および姿勢を求める。

たとえば第1検出手段は、可動体に対して互いに異なる第1～3角度位置にターゲットがあるときの、予め定める座標系におけるターゲットの位置をそれぞれ求める。第1～第3角度位置にターゲットがあるときの、予め定める座標系におけるターゲットの位置が求まることで、3つの角度位置を含む平面を容易に求めることができ、その平面の法線を求

めることによって、ターゲットが設けられる可動体の位置および姿勢を求めることができる。

このように計測位置に配置される計測手段に計測される計測結果に基づいて、可動体の位置および姿勢を求めることによって、ジャイロセンサおよび加速度センサなどの可動体に設けられる慣性センサを用いる場合に比べて検出誤差の累積を防いで、可動体の位置および姿勢を容易かつ精度よく求めることができる。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0011

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0011】

また本発明は、前記互いに異なる複数の角度位置は、同一直線上に並ばない3つの位置にそれぞれ設定されることを特徴とする。

本発明に従えば、3つの角度位置が同一直線上に並ばないので、この3つの角度位置を含む平面を求めるとともに、3つの角度位置およびターゲットの回転半径から回転中心を求めて、前記回転中心を座標原点として、可動体を基準とする座標系を求めることができる。したがって前記予め定められる座標系における可動体の位置および姿勢を容易かつ精度よく求めることができる。

【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0012

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0012】

また本発明は、移動する可動体の位置および姿勢を求める場合、前記演算手段は、前記駆動部によって可動体の移動速度よりも十分に速い回転速度でターゲットを前記予め定める軸線まわりに回転させて、可動体の位置および姿勢を求めることを特徴とする。

本発明に従えば、可動体の移動速度よりもターゲットの回転速度を高速にすることで、所定の時間間隔となる複数、たとえば3つの時刻におけるターゲットの3つの位置が、近似的に平面上に存在する。この3つの位置を含む平面を求めるとともに、その平面の法線を求めることによって、移動している可動体の位置および姿勢を求めることができる。

【手続補正 7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0013

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0013】

また本発明は、前記計測手段は、予め定める座標系における撮影位置に配置されて、ターゲットを撮影する複数の撮影手段によって実現され、

前記第1検出手段は、各撮影手段によって撮影される画像におけるターゲットの座標に基づいて、予め定める座標系におけるターゲットの位置を求めることを特徴とする。

本発明に従えば、各撮影手段によって、可動体に対して角変位するターゲットを含む画像が撮影される。第1検出手段は、撮影時刻を異ならせて各撮影手段によって撮影される各画像におけるターゲットの座標にそれぞれ基づくことで、各角度位置にそれぞれ配置されるターゲットの位置を求めることができる。そして演算手段は、第1検出手段が求めたターゲットのそれぞれの位置と、角度検出部が検出したターゲットのそれぞれの角度位置とに基づくことで、可動体の位置および姿勢を求めることができる。

【手続補正 8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】 0 0 1 4

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 1 4 】

また本発明は、前記計測手段は、予め定める座標系における測距位置に配置されて、測距位置からターゲットまでの距離と、測距位置に対するターゲットの方向とを求める測距手段によって実現され、

前記第1検出手段は、測距手段によって求められる、測距位置からターゲットまでの距離と、測距位置に対するターゲットの方向とに基づいて、予め定める座標系におけるターゲットの位置を求めることを特徴とする。

本発明に従えば、測距手段によって、可動体に対して予め定める軸線まわりに角変位するターゲットについて、測距位置からターゲットまでの距離と、測距位置に対するターゲットの方向とがそれぞれ測定される。第1検出手段は、測距時刻を異ならせて測距手段によって測定される距離と方向とにそれぞれ基づくことで、各角度位置にそれぞれ配置されるターゲットの位置を求めることができる。そして演算手段は、第1検出手段が求めたターゲットのそれぞれの位置と、角度検出部が検出したターゲットの角度位置とに基づくことで、可動体の位置および姿勢を求めることができる。

【手続補正9】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 0 1 5

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 1 5 】

また本発明は、前記可動体に設けられ、可動体のスライド変位および相対角変位を求める第2検出手段をさらに備え、

前記演算手段は、前記角度検出部の検出結果と、前記第1検出手段の計算結果と、前記第2検出手段の計算結果とに基づいて、可動体の位置および姿勢を求めることを特徴とする。

本発明に従えば、演算手段が、前記角度検出部の検出結果と、第1検出手段の計算結果と、第2検出手段の計算結果とに基づいて、可動体の位置および姿勢を求める。これによってターゲットが計測手段の死角領域に入ってしまった場合や、第1検出手段が短い時間間隔で順次計算を行えない場合であっても、演算手段は、可動体の位置および姿勢を短い時間間隔で高精度に順次求めることができる。

【手続補正10】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 0 1 6

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 1 6 】

また本発明は、可動体を変位移動するための産業用ロボットを制御する制御装置であって、

可動体に対して予め設定される軸線まわりにターゲットを角変位駆動する駆動部と、前記予め定める軸線まわりのターゲットの角度位置を検出する角度検出部とを有する駆動手段と、

予め定めるロボット座標系において予め把握される計測位置に配置されて、ロボット座標系におけるターゲットの位置を求めるための計測値を計測する計測手段と、

前記計測手段の計測結果に基づいて、ロボット座標系におけるターゲットの位置を求める第1検出手段と、

前記駆動手段によって互いに異なる複数の角度位置にターゲットをそれぞれ移動させて、前記第1検出手段によって求められるターゲットの各位置と、前記角度検出部によって

求められるターゲットの各角度位置とに基づいて、予め定めるロボット座標系における可動体の位置および姿勢を求める演算手段と、

前記演算手段によって求めた演算結果に基づいて、産業用ロボットを制御する制御手段とを備えることを特徴とする産業用ロボットの制御装置である。

本発明に従えば、駆動手段の駆動部によってターゲットを前記予め定める軸線まわりに角変位した状態で、角度検出手段によってターゲットの角度位置を検出するとともに、計測手段によってターゲットの位置を計測し、検出結果および計測結果に基づいて可動体の位置および姿勢を求める。これによって慣性センサを単に用いる場合に比べて検出誤差の累積を防いで、可動体の位置および姿勢を容易かつ精度よく求めることができる。また精度よく求められた可動体の位置および姿勢に基づいてロボットを制御することで、ロボットによって可動体を精度よく変位移動させることができる。

【手続補正 1 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 1 7

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 1 7】

また本発明は、前記可動体に設けられ、可動体のスライド変位および相対角変位を求める第 2 検出手段をさらに備え、

前記演算手段は、前記角度検出手段の検出結果と、第 1 検出手段の計算結果と、第 2 検出手段の計算結果とに基づいて、可動体の位置および姿勢を求めることを特徴とする。

本発明に従えば、演算手段が、前記角度検出部の検出結果と、第 1 検出手段の計算結果と、第 2 検出手段の計算結果とに基づいて、可動体の位置および姿勢を求めることで、演算手段は、可動体の位置および姿勢を短い時間間隔で高精度に順次求めることができる。したがってロボットによって、可動体をさらに精度よく変位移動させることができる。

【手続補正 1 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 1 8

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 1 8】

また本発明は、ロボットが待機する複数の待機位置が設定される場合、ロボットが各待機位置にそれぞれ達したときに、演算手段は、駆動手段によって互いに異なる複数の角度位置にターゲットを移動させて、可動体の位置および姿勢を求めることを特徴とする。

本発明に従えば、ロボットが待機位置に達するたびに、駆動手段によってターゲットを角変位させて、計測手段によってターゲットの各位置をそれぞれ計測し、それらの計測結果に基づいて可動体の位置および姿勢を求める。このように可動体の姿勢がほとんど変化しないロボット待機時に可動体の位置および姿勢を求めることで、可動体の位置および姿勢を精度よく求めることができる。

【手続補正 1 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 1 9

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 1 9】

請求項 1 記載の本発明によれば、駆動手段の駆動部によって互いに異なる複数の角度位置にターゲットを順に移動させて、可動体の位置および姿勢を求めることで、可動体の位置および姿勢を容易かつ精度よく求めることができる。

請求項 2 記載の本発明によれば、ターゲットがそれぞれ位置する 3 つの角度位置を含む平面を求めるとともに、3 つの角度位置およびターゲットの回転半径から回転中心を求め

ることで、可動体を基準とする座標系を求めることができる。これによって前記予め定められる座標系における可動体の位置および姿勢を容易かつ精度よく求めることができる。

請求項3記載の本発明によれば、可動体の移動速度よりもターゲットの回転速度を高速にすることで、移動中の可動体の位置および姿勢を求めることができる。

【手続補正14】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0020

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0020】

請求項4記載の本発明によれば、撮影手段によって撮影されるターゲットの画像に基づくことで、慣性センサを単純に用いる場合に比べて可動体の位置および姿勢を精度よく求めることができる。

請求項5記載の本発明によれば、測距手段によって求められる、測距位置からターゲットまでの距離と測距位置に対するターゲットの方向とに基づくことで、慣性センサを単純に用いる場合に比べて可動体の位置および姿勢を精度よく求めることができる。

請求項6記載の本発明によれば、演算手段が、角度検出部の検出結果と、第1検出手段の計算結果と、第2検出手段の計算結果とに基づいて、可動体の位置および姿勢を求める。これによって演算手段は、ターゲットが死角領域に入る場合および第1検出手段による計算が短い時間間隔で順次行うことができない場合であっても、可動体の位置および姿勢を、短い時間間隔で高精度に順次求めることができる。

【手続補正15】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0021

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0021】

請求項7記載の本発明によれば、駆動手段の駆動部によって互いに異なる複数の角度位置にターゲットを順に移動させて、可動体の位置および姿勢を求めることで、可動体の位置および姿勢を容易かつ精度よく求めることができる。また精度よく求められた可動体の位置および姿勢に基づいて、ロボットを制御する。これによってロボットの幾何学的な製造誤差、重量物を把持したときのアームの撓み、温度によるアームの伸縮および減速機のガタなどが生じる場合でも、ロボットによって可動体を精度よく変位移動させることができる。

請求項8記載の本発明によれば、演算手段が、角度検出部の検出結果と、第1検出手段の計算結果と、第2検出手段の計算結果とに基づいて、可動体の位置および姿勢を求める。これによって演算手段は、ロボットアームなどによってターゲットが死角領域に入る場合であっても、可動体の位置および姿勢を短い時間間隔で高精度に順次求めることができる。

請求項9記載の本発明によれば、可動体の姿勢がほとんど変化しないロボット待機時に可動体の位置および姿勢を求めることで、可動体の位置および姿勢を精度よく求めることができる。

【手続補正16】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0045

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0045】

ジャイロセンサ15および加速度センサ16によって検出される相対角変位および相対スライド変位に基づくツール30の基準点の位置および姿勢は、画像処理部14によって

求められるツール30の基準点の位置および姿勢に比べて精度が低いけれども、相対角変位および相対スライド変位の誤差が蓄積されるまでには、新たに画像処理部14によってツール30の基準点の位置および姿勢が求められるので、短い時間間隔で精度の高いツール30の基準点の位置および姿勢を順次求めることができる。

【手続補正17】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0053

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0053】

演算部18によって、画像処理部14からのツール30の基準点の絶対位置および絶対姿勢と、ジャイロセンサ15および加速度センサ16からのツール30の相対スライド変位および相対角変位とに基づいて、ツール30の基準点の位置および姿勢が求められる。これによって、たとえば画像処理部14によって求められるツール30の基準点の絶対位置および絶対姿勢が、ジャイロセンサ15および加速度センサ16によって検出されるツール30の相対スライド変位および相対角変位よりも高精度であるけれども、画像処理部14はツール30の基準点の絶対位置および絶対姿勢を短い時間間隔で順次求めることができない場合、または、万一、ターゲットユニット11が各カメラ13の死角に入ってしまった場合、演算部18は、画像処理部14によってツール30の基準点の絶対位置および絶対姿勢が求められるまでは、ジャイロセンサ15および加速度センサ16によって求められるツール30の相対スライド変位および相対角変位に基づいて、ツール30の基準点の位置および姿勢を求めることができる。このように演算部18は、画像処理部14ならびにジャイロセンサ15および加速度センサ16からのツール30の基準点の絶対位置および絶対姿勢、ならびに相対スライド変位および相対角変位に基づいて、極めて高精度なツール30の基準点の位置および姿勢を短い時間間隔で順次求めることができる。

【手続補正18】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0087

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0087】

演算部58によって、測距処理部54からのツール30の基準点の絶対位置および絶対姿勢と、ジャイロセンサ15および加速度センサ16からのツール30の相対スライド変位および相対角変位とに基づいて、ツール30の基準点の位置および姿勢が求められる。これによって、たとえば測距処理部54によって求められるツール30の基準点の絶対位置および絶対姿勢が、ジャイロセンサ15および加速度センサ16によって検出されるツール30の相対スライド変位および相対角変位よりも高精度であるけれども、測距処理部54はツール30の基準点の絶対位置および絶対姿勢を短い時間間隔で順次求めることができない場合、または、万一、ターゲット51がレーザ干渉計53の死角領域に入ってしまった場合、演算部58は、測距処理部54によってツール30の基準点の絶対位置および絶対姿勢が求められるまでは、ジャイロセンサ15および加速度センサ16によって検出されるツール30の相対スライド変位および相対角変位に基づいて、ツール30の基準点の位置および姿勢を求めることができる。このように測距処理部54ならびにジャイロセンサ15および加速度センサ16からのツール30の基準点の絶対位置および絶対姿勢、ならびにツール30の相対スライド変位および相対角変位に基づいて、極めて高精度なツール30の基準点の位置および姿勢を短い時間間隔で順次求めることができる。

【手続補正19】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0094

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0094】

演算手段によって、第1検出手段からの可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢と、第2検出手段からの可動体の相対スライド変位および相対角変位とに基づいて、可動体の基準点の位置および可動体の姿勢が求められる。これによって、たとえば第1検出手段によって求められる可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢が、第2検出手段によって検出される可動体の相対スライド変位および相対角変位よりも高精度であるけれども、第1検出手段は可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢を短い時間間隔で順次求めることができない場合、または、万一、ターゲットユニットが各撮影手段の死角領域に入ってしまった場合、演算手段は、第1検出手段によって可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢が求められるまでは、第2検出手段によって検出される可動体の相対スライド変位および相対角変位に基づいて、可動体の基準点の位置および姿勢を求めることができる。このように演算手段は、2つの検出手段からの可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢、ならびに可動体の相対スライド変位および相対角変位に基づいて、極めて高精度な可動体の基準点の位置および姿勢を短い時間間隔で順次求めることができる。

【手続補正20】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0095

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0095】

たとえば第1検出手段によって求められる可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢が、第2検出手段によって検出される可動体の相対スライド変位および相対角変位よりも高精度であるけれども、第1検出手段は可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢を短い時間間隔で順次求めることができない場合、または、万一、ターゲットユニットが各撮影手段の死角領域に入ってしまった場合、演算手段は、第1検出手段によって可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢が求められるまでは、第2検出手段によって検出される可動体の相対スライド変位および相対角変位に基づいて、可動体の基準点の位置および姿勢を求めることができる。このように演算手段は、2つの検出手段からの可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢、ならびに可動体の相対スライド変位および相対角変位に基づいて、極めて高精度な可動体の基準点の位置および姿勢を短い時間間隔で順次求めることができる。

【手続補正21】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0098

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0098】

演算手段によって、第1検出手段からの可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢と、第2検出手段からの可動体の相対スライド変位および相対角変位とに基づいて、可動体の基準点の位置および可動体の姿勢が求められる。これによって、たとえば第1検出手段によって求められる可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢が、第2検出手段によって検出される可動体の相対スライド変位および相対角変位よりも高精度であるけれども、第1検出手段は可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢を短い時間間隔で順次求めることができない場合、または、万一、ターゲットがターゲット距離測定手段の死角領域に入ってしまった場合、演算手段は、第1検出手段によって可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢が求められるまでは、第2検出手段によって検出される可動体の相対スライド変位および相対角変位に基づいて、可動体の基準点の位置および姿勢を求めることができる。このように演算手段は、2つの検出手段からの可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢、ならびに可動体の相対スライド変位および相対角変位に基づいて、極めて高精度な可動体

の基準点の位置および姿勢を短い時間間隔で順次求めることができる。

【手続補正 2 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 9 9

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 9 9】

たとえば第 1 検出手段によって求められる可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢が、第 2 検出手段によって検出される可動体の相対スライド変位および相対角変位よりも高精度であるけれども、第 1 検出手段は可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢を短い時間間隔で順次求めることができない場合、または、万一、ターゲットがターゲット距離測定手段の死角領域に入ってしまった場合、演算手段は、第 1 検出手段によって可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢が求められるまでは、第 2 検出手段によって検出される可動体の相対スライド変位および相対角変位に基づいて、可動体の基準点の位置および姿勢を求めることができる。このように演算手段は、2 つの検出手段からの可動体の基準点の絶対位置および絶対姿勢、ならびに可動体の相対スライド変位および相対角変位に基づいて、極めて高精度な可動体の基準点の位置および姿勢を短い時間間隔で順次求めることができる。

フロントページの続き

(72)発明者 中村 洋一

兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社明石工場内

(72)発明者 緒方 隆昌

兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号 川崎重工業株式会社神戸工場内

Fターム(参考) 2F065 AA04 AA06 AA17 AA37 BB15 BB29 CC00 FF04 FF55 FF63
GG07 GG13 JJ03 JJ05 JJ26 PP25 QQ31
2F069 AA04 AA06 AA93 BB04 DD30 GG07 GG11 GG41 GG59 HH09
HH30 NN06
3C007 BS10 KS17 KS20 KS22 KS23 KS36 KT03 KT06 KV11 KW06
KX07 LT06