

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7599960号
(P7599960)

(45)発行日 令和6年12月16日(2024.12.16)

(24)登録日 令和6年12月6日(2024.12.6)

(51)国際特許分類 F I
B 2 5 J 13/08 (2006.01) B 2 5 J 13/08 A

請求項の数 6 (全20頁)

(21)出願番号	特願2021-4667(P2021-4667)	(73)特許権者	000000974 川崎重工業株式会社 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号
(22)出願日	令和3年1月15日(2021.1.15)	(74)代理人	100118784 弁理士 桂川 直己
(65)公開番号	特開2022-109392(P2022-109392 A)	(72)発明者	庄司 匡志 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内
(43)公開日	令和4年7月28日(2022.7.28)	(72)発明者	鈴木 敏幸 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内
審査請求日	令和6年1月9日(2024.1.9)	審査官	白井 卓巳

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ロボットシステム及びロボット制御方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

同一のワークに対して同時に作業可能となるように配置された複数のロボットと、
それぞれの前記ロボットに対応して配置されるロボットコントローラと、
視覚情報を取得可能な複数の視覚センサと、
前記視覚センサが取得した情報に基づいて処理を行う視覚処理コンピュータと、
を備え、

複数の前記視覚センサは何れも、前記ワークが有する計測対象について視覚情報を取得可能であり、

複数の前記ロボットコントローラ及び複数の前記視覚センサは、何れも、共通の前記視覚処理コンピュータと通信可能であり、

前記視覚処理コンピュータは、複数の前記視覚センサが取得した視覚情報に現れる前記計測対象を計測した結果に基づいて、ワーク座標系を計算し、

それぞれの前記ロボットコントローラは、前記視覚処理コンピュータに要求した結果に基づいて、当該ロボットコントローラに対応する前記ロボットの動作を補正し、

前記視覚処理コンピュータは、複数の前記ロボットに関する前記ワーク座標系に関する情報をロボット毎に記憶し、

前記視覚処理コンピュータは、前記ロボットコントローラが送信する初期化指令に応じて、当該ロボットコントローラに対応する前記ロボットに関する前記情報を初期化し、

前記ワーク座標系の適用対象である複数の前記ロボットからなる群に属する前記ロボット

10

20

の前記ロボットコントローラは、それぞれ、前記ワーク座標系に関する情報の初期化が、当該群に属する前記ロボットの全てについて完了したか否かの問合せを不定のタイミングで前記視覚処理コンピュータに送信し、
前記視覚処理コンピュータは、前記群に属して前記ワーク座標系に関する情報の初期化が完了していないロボットがある状態で、当該群に属するロボットに対応する前記ロボットコントローラから問合せを受信した場合は、問合せ元の前記ロボットコントローラに対して、問合せに対する回答として待機指令を送信し、
前記視覚処理コンピュータは、前記群に属するロボットの全てについて前記ワーク座標系に関する情報の初期化が完了している状態で、当該群に属するロボットに対応する前記ロボットコントローラから問合せを受信した場合は、問合せ元の前記ロボットコントローラに対して、問合せに対する回答として、前記群に属するロボットの全てについて情報の初期化が完了したことを示す信号である完了信号を送信し、
それぞれの前記ロボットコントローラは、待機指令を受信した場合は、前記視覚処理コンピュータに対して再び問合せを行う一方、完了信号を受信した場合は、前記視覚処理コンピュータに対する再度の問合せを行わないことを特徴とするロボットシステム。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載のロボットシステムであって、

前記視覚処理コンピュータは、前記計測対象の計測が完了していない前記視覚センサがある状態で、前記ロボットコントローラから要求を受信した場合は、要求元の前記ロボットコントローラに対して、要求に対する返答として待機指令を送信し、

20

それぞれの前記ロボットコントローラは、前記待機指令を受信した場合は、前記視覚処理コンピュータに対して再び要求を行うことを特徴とするロボットシステム。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載のロボットシステムであって、

複数の前記ロボットは、

第 1 位置にあるワークに対して同時に作業可能となるように配置された複数の第 1 ロボットと、

前記第 1 ロボットの作業後に、前記第 1 位置から第 2 位置へ搬送されたワークに対して同時に作業可能となるように配置された複数の第 2 ロボットと、
を含み、

30

複数の前記視覚センサは、複数の第 1 視覚センサと、複数の第 2 視覚センサと、を含み、
前記第 1 ロボットの前記ロボットコントローラ、前記第 2 ロボットの前記ロボットコントローラ、前記第 1 視覚センサ、及び前記第 2 視覚センサは、同一の前記視覚処理コンピュータと通信可能であり、

前記視覚処理コンピュータは、複数の前記第 1 視覚センサが取得した視覚情報に現れる前記計測対象を計測した結果に基づいて、前記第 1 位置でのワーク座標系を計算し、複数の前記第 2 視覚センサが取得した視覚情報に現れる前記計測対象を計測した結果に基づいて、前記第 2 位置でのワーク座標系を計算し、

前記第 1 ロボットのそれぞれの前記ロボットコントローラは、前記視覚処理コンピュータに要求した結果に基づいて、対応する前記第 1 ロボットの動作を補正し、

40

前記第 2 ロボットのそれぞれの前記ロボットコントローラは、前記視覚処理コンピュータに要求した結果に基づいて、対応する前記第 2 ロボットの動作を補正することを特徴とするロボットシステム。

【請求項 4】

請求項 3 に記載のロボットシステムであって、

前記視覚処理コンピュータは、前記計測対象の計測が完了していない前記第 1 視覚センサがある状態で、前記第 1 ロボットの前記ロボットコントローラから要求を受信した場合は、要求元の前記ロボットコントローラに対して、要求に対する回答として待機指令を送信し、

それぞれの前記第 1 ロボットの前記ロボットコントローラは、前記待機指令を受信した

50

場合は、前記視覚処理コンピュータに対して再び問合せを行い、

前記視覚処理コンピュータは、前記計測対象の計測が完了していない前記第2視覚センサがある状態で、前記第2ロボットの前記ロボットコントローラから要求を受信した場合は、要求元の前記ロボットコントローラに対して、要求に対する回答として待機指令を送信し、

それぞれの前記第2ロボットの前記ロボットコントローラは、前記待機指令を受信した場合は、前記視覚処理コンピュータに対して再び問合せを行うことを特徴とするロボットシステム。

【請求項5】

請求項1から4までの何れか一項に記載のロボットシステムであって、

前記視覚処理コンピュータは、設定用コンピュータと通信可能であり、

前記視覚処理コンピュータは、前記設定用コンピュータからの送信によって、前記ワーク座標系の計算に関する設定を変更可能であることを特徴とするロボットシステム。

【請求項6】

同一のワークに対して同時に作業可能となるように配置された複数のロボットと、

それぞれの前記ロボットに対応して配置されるロボットコントローラと、

視覚情報を取得可能な複数の視覚センサと、

前記視覚センサが取得した情報に基づいて処理を行う視覚処理コンピュータと、

を備えるロボットシステムにおけるロボット制御方法であって、

複数の前記視覚センサのそれぞれが、前記ワークが有する計測対象について視覚情報を取得し、前記視覚情報を共通の前記視覚処理コンピュータに送信する第1工程と、

前記視覚処理コンピュータが、複数の前記視覚センサから受信した前記視覚情報に現れる前記計測対象を計測した結果に基づいて、ワーク座標系を計算する第2工程と、

複数の前記ロボットコントローラのそれぞれが、共通の前記視覚処理コンピュータに対して要求を送信し、前記視覚処理コンピュータから受信した返答に基づいて、当該ロボットコントローラに対応する前記ロボットの動作を補正する第3工程と、

前記視覚処理コンピュータが、複数の前記ロボットに関する前記ワーク座標系に関する情報をロボット毎に記憶する第4工程と、

前記視覚処理コンピュータが、前記ロボットコントローラが送信する初期化指令に応じて、当該ロボットコントローラに対応する前記ロボットに関する前記情報を初期化する第5工程と、

前記ワーク座標系の適用対象である複数の前記ロボットからなる群に属する前記ロボットの前記ロボットコントローラのそれぞれが、前記ワーク座標系に関する情報の初期化が、当該群に属する前記ロボットの全てについて完了したか否かの問合せを不定のタイミングで前記視覚処理コンピュータに送信する第6工程と、

前記視覚処理コンピュータが、前記群に属して前記ワーク座標系に関する情報の初期化が完了していないロボットがある状態で、当該群に属するロボットに対応する前記ロボットコントローラから問合せを受信した場合は、問合せ元の前記ロボットコントローラに対して、問合せに対する回答として待機指令を送信する第7工程と、

前記視覚処理コンピュータが、前記群に属するロボットの全てについて前記ワーク座標系に関する情報の初期化が完了している状態で、当該群に属するロボットに対応する前記ロボットコントローラから問合せを受信した場合は、問合せ元の前記ロボットコントローラに対して、問合せに対する回答として、前記群に属するロボットの全てについて情報の初期化が完了したことを示す信号である完了信号を送信する第8工程と、

複数の前記ロボットコントローラのそれぞれが、待機指令を受信した場合は、前記視覚処理コンピュータに対して再び問合せを行う一方、完了信号を受信した場合は、前記視覚処理コンピュータに対する再度の問合せを行わない第9工程と、

を含むことを特徴とするロボット制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

30

40

50

【0001】

本発明は、ロボットにおける視覚センサの使用に関する。

【背景技術】

【0002】

ロボットに所定の動作を行わせる場合、事前に、オフラインでの教示作業によってプログラムが作成され、又は、シミュレーションによってプログラムが作成される。オフライン時又はシミュレート時におけるロボットとワーク等との位置関係に対して、実際のロボットを運用する場合の位置関係が一致しない場合がある。この誤差を測定して補正を行うために、例えば特許文献1に開示されるようなシステムが提案されている。

【0003】

特許文献1は、1台のロボットと1つのロボット制御装置からなる組が複数ある場合に、1台のカメラの画像データを複数のロボット制御装置で共有できる構成を開示する。複数のロボット(ロボット制御装置)に対し、使用される撮像部(カメラ)は1台のみである。カメラは、各ロボットのアームの先端部に装着可能である。

【0004】

ロボットと計測対象物の組み合わせが替わる毎に、カメラの付け替えが行われる。具体的に言えば、最初に、1台目のロボットにカメラが装着され、1台目のロボットと計測対象物の組み合わせについて、3次元相対位置の計測が行われる。次に、1台目のロボットに装着されていたカメラが2台目のロボットに装着され、2台目のロボットと計測対象物の組み合わせについて、3次元相対位置の計測が行われる。

【0005】

特許文献1のシステムは、画像処理装置を備える。この画像処理装置は、カメラの撮影画像から、例えば3点を抽出する画像処理を行う。特許文献1は、画像処理装置がロボット制御装置の外部に置かれ、ネットワークに組み込まれる例についても開示している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【文献】特許第4137862号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

上記特許文献1の構成では、複数のロボットが1台のカメラを受け渡ししながら計測対象物を撮影する。従って、補正のためのサイクルタイムが長くなり、また、受渡しのための動作をロボットにプログラムする工数が必要になってしまう。

【0008】

特許文献1では、各ロボットにおいてカメラが撮影した画像から3点が抽出され、3次元相対位置の計測が行われる。従って、複数のロボットの間で位置補正の整合をとることが難しい。

【0009】

本発明は以上の事情に鑑みてされたものであり、その目的は、複数のロボットの間で整合する補正を容易に行うことができるロボット制御システムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の解決しようとする課題は以上の如くであり、次にこの課題を解決するための手段とその効果を説明する。

【0011】

本発明の第1の観点によれば、以下の構成のロボットシステムが提供される。即ち、このロボットシステムは、複数のロボットと、複数のロボットコントローラと、複数の視覚センサと、視覚処理コンピュータと、を備える。前記ロボットは、同一のワークに対して同時に作業可能となるように配置される。前記ロボットコントローラは、それぞれの前記

10

20

30

40

50

ロボットに対応して配置される。前記視覚センサは、視覚情報を取得可能である。前記視覚処理コンピュータは、前記視覚センサが取得した情報に基づいて処理を行う。複数の前記視覚センサは何れも、前記ワークが有する計測対象について視覚情報を取得可能である。複数の前記ロボットコントローラ及び複数の前記視覚センサは、何れも、共通の前記視覚処理コンピュータと通信可能である。前記視覚処理コンピュータは、複数の前記視覚センサが取得した視覚情報に現れる前記計測対象を計測した結果に基づいて、ワーク座標系を計算する。それぞれの前記ロボットコントローラは、前記視覚処理コンピュータに要求した結果に基づいて、当該ロボットコントローラに対応する前記ロボットの動作を補正する。前記視覚処理コンピュータは、複数の前記ロボットに関する前記ワーク座標系に関する情報をロボット毎に記憶する。前記視覚処理コンピュータは、前記ロボットコントローラが送信する初期化指令に応じて、当該ロボットコントローラに対応する前記ロボットに関する前記情報を初期化する。前記ワーク座標系の適用対象である複数の前記ロボットからなる群に属する前記ロボットの前記ロボットコントローラは、それぞれ、前記ワーク座標系に関する情報の初期化が、当該群に属する前記ロボットの全てについて完了したか否かの問合せを不定のタイミングで前記視覚処理コンピュータに送信する。前記視覚処理コンピュータは、前記群に属して前記ワーク座標系に関する情報の初期化が完了していないロボットがある状態で、当該群に属するロボットに対応する前記ロボットコントローラから問合せを受信した場合は、問合せ元の前記ロボットコントローラに対して、問合せに対する回答として待機指令を送信する。前記視覚処理コンピュータは、前記群に属するロボットの全てについて前記ワーク座標系に関する情報の初期化が完了している状態で、当該群に属するロボットに対応する前記ロボットコントローラから問合せを受信した場合は、問合せ元の前記ロボットコントローラに対して、問合せに対する回答として、前記群に属するロボットの全てについて情報の初期化が完了したことを示す信号である完了信号を送信する。それぞれの前記ロボットコントローラは、待機指令を受信した場合は、前記視覚処理コンピュータに対して再び問合せを行う一方、完了信号を受信した場合は、前記視覚処理コンピュータに対する再度の問合せを行わない。

10

20

【0012】

本発明の第2の観点によれば、以下のロボット制御方法が提供される。即ち、このロボット制御方法は、複数のロボットと、複数のロボットコントローラと、複数の視覚センサと、視覚処理コンピュータと、を備えるロボットシステムを対象とする。前記ロボットは、同一のワークに対して同時に作業可能となるように配置される。前記ロボットコントローラは、それぞれの前記ロボットに対応して配置される。前記視覚センサは、視覚情報を取得可能である。前記視覚処理コンピュータは、前記視覚センサが取得した情報に基づいて処理を行う。前記ロボット制御方法は、第1工程と、第2工程と、第3工程と、第4工程と、第5工程と、第6工程と、第7工程と、第8工程と、第9工程と、を含む。前記第1工程では、複数の前記視覚センサのそれぞれが、前記ワークが有する計測対象について視覚情報を取得し、前記視覚情報を共通の前記視覚処理コンピュータに送信する。前記第2工程では、前記視覚処理コンピュータが、複数の前記視覚センサから受信した前記視覚情報に現れる前記計測対象を計測した結果に基づいて、ワーク座標系を計算する。前記第3工程では、複数の前記ロボットコントローラのそれぞれが、共通の前記視覚処理コンピュータに対して要求を送信し、前記視覚処理コンピュータから受信した返答に基づいて、当該ロボットコントローラに対応する前記ロボットの動作を補正する。前記第4工程では、前記視覚処理コンピュータが、複数の前記ロボットに関する前記ワーク座標系に関する情報をロボット毎に記憶する。前記第5工程では、前記視覚処理コンピュータが、前記ロボットコントローラが送信する初期化指令に応じて、当該ロボットコントローラに対応する前記ロボットに関する前記情報を初期化する。前記第6工程では、前記ワーク座標系の適用対象である複数の前記ロボットからなる群に属する前記ロボットの前記ロボットコントローラのそれぞれが、前記ワーク座標系に関する情報の初期化が、当該群に属する前記ロボットの全てについて完了したか否かの問合せを不定のタイミングで前記視覚処理コンピュータに送信する。前記第7工程では、前記視覚処理コンピュータが、前記群に属して

30

40

50

いて前記ワーク座標系に関する情報の初期化が完了していないロボットがある状態で、当該群に属するロボットに対応する前記ロボットコントローラから問合せを受信した場合は、問合せ元の前記ロボットコントローラに対して、問合せに対する回答として待機指令を送信する。前記第8工程では、前記視覚処理コンピュータが、前記群に属するロボットの全てについて前記ワーク座標系に関する情報の初期化が完了している状態で、当該群に属するロボットに対応する前記ロボットコントローラから問合せを受信した場合は、問合せ元の前記ロボットコントローラに対して、問合せに対する回答として、前記群に属するロボットの全てについて情報の初期化が完了したことを示す信号である完了信号を送信する。前記第9工程では、複数の前記ロボットコントローラのそれぞれが、待機指令を受信した場合は、前記視覚処理コンピュータに対して再び問合せを行う一方、完了信号を受信した場合は、前記視覚処理コンピュータに対する再度の問合せを行わない。

10

【0013】

これにより、1つ又は少数の視覚処理コンピュータが、複数の視覚センサから情報を取得してワーク座標系を計算する構成なので、情報の集約を自然に実現できる。従って、複数の視覚センサからの情報を取りまとめてワーク座標系の計算を行うのに好適である。このワーク座標系が複数のロボットの動作補正のために共通で用いられるので、動作補正を複数のロボットの間で整合させることができる。また、複数のロボットコントローラからの要求に対応する処理をサーバ装置が集中的に行うので、処理の単純化、通信の簡素化等が容易である。更に、全てのロボットの情報が初期化されなければ次の処理に移行させないインターロック制御を、視覚処理コンピュータによって実現することができる。また、各ロボットコントローラによる情報初期化処理の完了に関する問合せを不定のタイミングで行うことができる。

20

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、複数のロボットの間で整合する補正を容易に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の第1実施形態に係るロボットシステムの全体的な構成を示す模式図。

【図2】初期化のインターロック制御を説明するフローチャート。

【図3】カメラの画像に基づくマークの計測処理を説明するフローチャート。

30

【図4】ワーク座標系の取得に関するインターロック制御を説明するフローチャート。

【図5】第2実施形態に係るロボットシステムの模式図。

【発明を実施するための形態】

【0016】

次に、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。図1は、本発明の第1実施形態に係るロボットシステム100の全体的な構成を示す模式図である。

【0017】

図1に示すロボットシステム100は、複数のロボット11, 12, 13, 14を用いて、ワーク1に対して作業を行うシステムである。ロボットシステム100は、例えば工場の製造ラインに設置される。

40

【0018】

ロボットシステム100は、ロボット11, 12, 13, 14と、ロボットコントローラ21, 22, 23, 24と、カメラ(視覚センサ)31, 32, 33と、サーバ装置(視覚処理コンピュータ)41と、を備える。

【0019】

ロボット11は、産業用ロボットである。ロボット11は、動作自由度が6である垂直型の多関節ロボットとして構成されている。ただし、ロボットの構成はこれに限定されない。

【0020】

コンベア2によって搬送されてきたワーク1は、4つのロボット11, 12, 13, 1

50

4によって取り囲まれた所定位置で静止する。4つのロボット11, 12, 13, 14は、ワーク1に対して同時に作業を行うことができる。ロボットが行う作業は任意であり、例えば、組立、溶接、塗装等が考えられる。コンベア2に代えて、ワーク1を流すことが可能な別の装置(例えば、供給装置)を用いることもできる。

【0021】

4つのロボット11, 12, 13, 14の構成は同一であっても良いし、異なっても良い。4つのロボット11, 12, 13, 14がワーク1に対して行う作業が同一であっても良いし、異なっても良い。ワーク1に対して同時に作業を行うロボットの数は4つに限られず、2つ、3つ、又は5つ以上とすることもできる。

【0022】

4つのロボットコントローラ21, 22, 23, 24は、4つのロボット11, 12, 13, 14に対応して配置される。ロボットコントローラ21, 22, 23, 24のそれぞれは、CPU、ROM、RAM等を備えるコンピュータとして構成される。

【0023】

ロボット11は、ロボットコントローラ21と電気的に接続されている。ロボット11は、ロボットコントローラ21の指令に基づいて動作し、ワーク1に対して所定の作業を行うことができる。ロボット12は、ロボットコントローラ22の指令に基づいて動作する。ロボット13は、ロボットコントローラ23の指令に基づいて動作する。ロボット14は、ロボットコントローラ24の指令に基づいて動作する。このように、1つのロボットが、1つのロボットコントローラによって制御される。

【0024】

ロボットコントローラ21, 22, 23, 24のそれぞれは、サーバ装置41と電気的に接続されている。ロボットコントローラ21, 22, 23, 24のそれぞれは、通信によって情報の送受信を行うことができる。

【0025】

カメラ31, 32, 33は、画像(視覚情報)を取得可能な撮像装置である。3つのカメラ31, 32, 33のそれぞれは、上述の所定位置にあるワーク1を撮影可能な適宜の位置に固定されている。カメラの数は、1つ、2つ、又は4つ以上とすることもできる。複数のカメラのうち一部又は全部が、固定カメラに代えて、ロボットによって保持されることが可能なカメラによって構成されても良い。この場合、カメラが所定の撮影位置となるようにロボットを動作させてから、撮影が行われる。

【0026】

カメラ31は、ワーク1に付されたマークM1を撮影することができる。カメラ32は、ワーク1に付されたマークM2を撮影することができる。カメラ33は、ワーク1に付されたマークM3を撮影することができる。マーク(計測対象)M1, M2, M3は、例えば、ワーク1に貼り付けられたシール等とすることができる。ただし、計測対象として、マークM1, M2, M3の代わりに、ワーク1が有している例えば形状上の特徴(例えば、凸部、凹部等)をカメラ31, 32, 33によって撮影することもできる。

【0027】

条件によっては、3つのマークM1, M2, M3を1つのカメラで同時に撮影することも可能である。しかし、ワーク1の大きさ、形状、マークM1, M2, M3の位置等によっては、1つのカメラの視野に3つのマークM1, M2, M3を入れることができない場合がある。本実施形態の構成では、3つのマークM1, M2, M3が3つのカメラ31, 32, 33によって分担して撮影されるので、それぞれのマークM1, M2, M3を容易に撮影することができる。

【0028】

カメラ31は、ロボット11の近傍に配置され、ロボットコントローラ21に関連付けられている。カメラ32は、ロボット12の近傍に配置され、ロボットコントローラ22に関連付けられている。カメラ33は、ロボット13の近傍に配置され、ロボットコントローラ23に関連付けられている。このように、カメラ31, 32, 33のそれぞれは、

10

20

30

40

50

4つのロボット11, 12, 13, 14の何れかに属している。

【0029】

カメラ31, 32, 33のそれぞれは、サーバ装置41と電氣的に接続されている。カメラ31, 32, 33のそれぞれは、撮影した画像を通信によってサーバ装置41へ出力することができる。

【0030】

サーバ装置41とロボットコントローラ21, 22, 23, 24の間の通信、及び、サーバ装置41とカメラ31, 32, 33の間の通信は、例えば公知のLANを用いて行うことができる。ただし、通信方法はLANに限定されない。

【0031】

サーバ装置41は、CPU、ROM、RAM等を備えるコンピュータとして構成される。サーバ装置41は、上述のロボットコントローラよりも高性能なCPUを備えると、又は、GPU等の特別なハードウェアを備えると、後述の画像処理を高速に行うことが可能になって好ましい。

【0032】

サーバ装置41は、複数のカメラ31, 32, 33から得られた画像データに対し、公知の画像処理(視覚処理)を行って、各マークM1, M2, M3の3次元空間上での位置を特定する。これにより、ワーク1の現実の位置及び姿勢を表現する3次元直交座標系を得ることができる。ワーク1の座標系とは、ワーク1に設定された座標系を意味し、ワーク1の移動/回転に連動して変化する。以下、この座標系をワーク座標系と呼ぶことがある。

【0033】

サーバ装置41においては、ロボット11, 12, 13, 14において共通である、地面に対して不動の3次元直交座標系(以下、共通座標系と呼ぶ)が適宜定義されている。本実施形態においては、4つのロボット11, 12, 13, 14のうち任意の1つがマスターロボットとして定められている。共通座標系は、例えば、そのマスターロボットに設定される3次元直交座標系(マスター座標系)とすることができる。ロボットに設定される座標系とは、例えば、ロボットのアーム部の根元に位置する不動の土台部分を基準として設定された座標系である。

【0034】

ワーク座標系は、その原点を共通座標系で表した座標、及び、3つの座標軸の方向を共通座標系で表した向きとして表すことができる。本明細書において、ワーク座標系をフレームと呼ぶ場合がある。

【0035】

以下、具体的に説明する。3つのカメラ31, 32, 33のそれぞれに関して、実際の設置位置及び姿勢に対応するカメラ座標系が定められている。サーバ装置41においては、各カメラについて、当該カメラが属するロボットに固有の座標系で見たカメラ座標系を予め記憶している。各ロボットに固有の座標系については後述する。サーバ装置41は、それぞれのカメラが撮影した画像におけるマークの位置を、パターン認識等の適宜の手法を用いることによって、2次元直交座標の形で取得する。画像におけるマークの位置は、3次元空間においては、それを撮影したカメラに対するマークの方向に対応している。また、ワーク1において、3つのマークM1, M2, M3の間の相対的な位置関係は既知である。サーバ装置41は、カメラに対するマークの方向を共通座標系(マスター座標系)に変換した上で、上記の情報に基づいて作成された連立方程式を解くことで、3つのマークM1, M2, M3の共通座標系における位置を得る。3つのマークM1, M2, M3の位置が定めれば、ワーク座標系を一意に特定することができる。

【0036】

本実施形態では、カメラ31, 32, 33は全て2次元カメラとして構成されている。ただし、1つ以上のカメラを3次元カメラに変更することもできる。3次元カメラの構成は任意であるが、例えば、ステレオ方式、ToF方式等とすることができる。3次元カメ

10

20

30

40

50

ラの撮影結果に基づいて、マークM 1 , M 2 , M 3 の位置を3次元で求めることができる。マークの位置は、それを撮影した3次元カメラが有する3次元座標系(カメラ座標系)で表される。サーバ装置4 1は、3次元カメラが撮影したマークの位置をカメラ座標系から共通座標系に変換した上で、連立方程式を解くことで、3つのマークM 1 , M 2 , M 3 の共通座標系における位置を得る。このように3次元計測が可能な視覚センサを用いた場合、マークM 1 , M 2 , M 3 の代わりに、公知の3次元形状認識を用いて、ワーク1の3次元的な形状の特徴を計測対象とすることもできる。

【0037】

サーバ装置4 1は、ロボットコントローラ2 1 , 2 2 , 2 3 , 2 4からの要求に応じて、得られたワーク座標系を返答する。ロボットコントローラ2 1 , 2 2 , 2 3 , 2 4は、返答されたワーク座標系を、補正用座標系として取得する。これにより、ロボット1 1 , 1 2 , 1 3 , 1 4は、ワーク1の現実の位置及び姿勢を認識し、それに応じて動作を補正することができる。この結果、ワーク1の位置及び姿勢のズレに対して柔軟に対応することができる。

10

【0038】

サーバ装置4 1は、3つのカメラ3 1 , 3 2 , 3 3の撮像結果を統合して計算することにより得られたワーク座標系を、何れのロボット(ロボットコントローラ)に対しても一律的に返答する。従って、4つのロボット1 1 , 1 2 , 1 3 , 1 4の動作の補正が互いに整合することになる。言い換えれば、4つのロボット1 1 , 1 2 , 1 3 , 1 4に対して、統制のとれた補正が可能になる。従って、1つのワーク1に対して同時に作業する場合に好適である。

20

【0039】

4つのロボット1 1 , 1 2 , 1 3 , 1 4のうち、マスターロボット以外のロボットにも、固有の座標系がマスター座標系と同様に定義されている。サーバ装置4 1においては、各ロボットについて、共通座標系(マスター座標系)で見た各ロボットの座標系を予め記憶している。

【0040】

マスターロボット以外のロボットに対して、サーバ装置4 1がワーク座標系を返答する場合、ワーク座標系を共通座標系ではなく、問合せ元のロボット(ロボットコントローラ)に固有の座標系で見た形に変換し、変換結果を返答しても良い。上記の座標変換は、ロボット座標系の情報を用いることで、簡単に行うことができる。例えば、ロボット1 3がマスターロボットであり、共通座標系であるマスター座標系の原点からロボット1 1に固有の座標系の原点へ向かうベクトル V_{ms} が既知であるとする。マスター座標系におけるワーク1の位置を示すベクトルが V_{mes} である場合、ロボット1 1の座標系における当該ワーク1の位置を示すベクトル V_{mes}' は、以下の式で表すことができる。

30

$$V_{mes}' = -V_{ms} + V_{mes}$$

座標変換をロボットコントローラ側で行う場合は、サーバ装置4 1側での座標変換は不要である。

【0041】

ところで、サーバ装置4 1においてワーク座標系が得られていない場合は、ロボット側としては、動作を補正する基準となる情報が得られないことを意味する。従って、この状態では、4つのロボット1 1 , 1 2 , 1 3 , 1 4の何れも、ワーク1に対して作業することは好ましくない。この点、本実施形態では、ロボットコントローラ2 1 , 2 2 , 2 3 , 2 4とサーバ装置4 1との間で通信を行うことでインターロック制御を実現し、ワーク座標系が得られるまでロボット1 1 , 1 2 , 1 3 , 1 4を待機させる構成となっている。

40

【0042】

サーバ装置4 1は、動作に関するログ、及び、各種の設定を記憶する。作業者は、サーバ装置4 1を操作することで、ログの閲覧、設定の変更等を行うことができる。

【0043】

サーバ装置4 1は、設定用コンピュータ5 1との間で通信可能に構成されている。通信

50

は、例えば公知のLAN又はWANを用いて行うことができる。設定用コンピュータ51は、サーバ装置41から物理的に離れた場所に配置されている。設定用コンピュータ51は、公知のコンピュータとして構成されている。遠隔の作業者が設定用コンピュータ51を操作してサーバ装置41にアクセスすることで、サーバ装置41に記録されたログを閲覧したり、ワーク座標系の作成に関する設定を変更したりすることができる。

【0044】

次に、ロボットシステム100において行われる幾つかのインターロック制御について説明する。

【0045】

最初に、初期化処理のインターロック制御について、図2を参照しながら説明する。4つのロボットコントローラ21, 22, 23, 24が行う処理は実質的に同様であるので、ここでは、そのうち1つのロボットコントローラ21が行う処理について説明する。図2の左側にはロボットコントローラ21が行う処理が示され、右側にはサーバ装置41が行う処理が示されている。

10

【0046】

図2の左側には、ロボットコントローラ21が行う処理が示されている。ロボットコントローラ21において、この処理が何らかのトリガによって開始される。図2の右側には、サーバ装置41が行う処理が示されている。

【0047】

ロボットコントローラ21は最初に、サーバ装置41へ初期化指令を送信する(ステップS101)。サーバ装置41は、この指令を受信すると(ステップS102)、送信元のロボットコントローラ21(実質的に、ロボット11を意味する)に関して記憶されている、ワーク座標系の変換結果等の記憶を消去する(ステップS103)。初期化処理が完了すると、サーバ装置41は、送信元のロボットコントローラ21へ初期化完了の旨を送信する(ステップS104)。ロボットコントローラ21は、初期化完了の旨をサーバ装置41から受信する(ステップS105)。

20

【0048】

上記では1つのロボットコントローラ21に着目してステップS101~S105の処理を説明しているが、他のロボットコントローラ22, 23, 24においても同様の処理が行われる。4つのロボットコントローラ21, 22, 23, 24における図2の処理の開始タイミングは不定であるので、サーバ装置41への初期化指令の送信タイミングも不定である。サーバ装置41は、初期化指令を受信したタイミングで、そのロボットに関する初期化を行う。

30

【0049】

ロボットコントローラ21は、初期化完了の旨をサーバ装置41から受信すると、全てのロボット11, 12, 13, 14に関して初期化が完了したか否かについて、サーバ装置41へ問合せを送信する(ステップS106)。サーバ装置41は、この問合せを、ロボットコントローラ21から受信する(ステップS107)。

【0050】

サーバ装置41は、問合せを受信すると、ステップS103の初期化処理が、4つのロボット11, 12, 13, 14の全てについて完了しているか否かを判断する(ステップS108)。全てのロボットについて初期化が完了している場合は、サーバ装置41は、問合せ元のロボットコントローラ21に対し、返答としてokを送信する(ステップS109)。初期化が完了していないロボットが存在する場合は、サーバ装置41は、返答としてwaitを送信する(ステップS110)。waitとは、待機を要するという意味である。従って、waitという返答は、サーバ装置41から問合せ元のロボットコントローラ21に対する待機指令の一種と考えることができる。

40

【0051】

事情により、4つのロボットのうち例えば3つだけのロボットによって、ワーク1に対して作業を行う状況も考えられる。このような縮退運用の理由としては、一部のロボット

50

に異常が発生したことが考えられるが、これに限定されない。4つのうち一部のロボットについてインターロック制御の対象から除かれる設定が行われると、サーバ装置41は、ステップS108で、有効なロボットだけを対象にして、全ての初期化が完了しているか否かを判断する。

【0052】

ロボットコントローラ21は、問合せの返答をサーバ装置41から受信すると(ステップS111)、返答の内容を判断する(ステップS112)。返答の内容がwaitである場合、処理はステップS106へ戻り、ロボットコントローラ21は再び問合せをサーバ装置41へ送信する。返答の内容がokである場合、初期化のための一連の処理は終了する。図2に示す処理が完了したことを条件に、ロボットコントローラ21は、次の処理を開始することができる。

10

【0053】

上記では1つのロボットコントローラ21に注目してステップS106～S112の処理を説明しているが、他のロボットコントローラ22, 23, 24においても同様の処理が行われる。4つのロボットコントローラ21, 22, 23, 24の何れから問合せを受信しても、サーバ装置41は、ステップS103の初期化が完了していないロボットがある場合、waitを返答する。図2の左側に示す処理は、サーバ装置41からの返答がokでない限り、正常終了しない。従って、サーバ装置41において全てのロボット11, 12, 13, 14に関して初期化が完了しない限り、何れのロボットコントローラ21, 22, 23, 24においても図2の処理は完了しないことになる。このようにして、初期化処理に関するインターロック制御が実現される。

20

【0054】

次に、ワーク座標系の取得の前提となるマークM1, M2, M3の計測処理について、図3を参照して説明する。この処理は、カメラ31, 32, 33が関連付けられている3つのロボットコントローラ21, 22, 23が関与する形で行われる。3つのロボットコントローラ21, 22, 23が行う処理は実質的に同様であるので、ここでは、そのうち1つのロボットコントローラ21が行う処理について説明する。前述のとおり、マークM1, M2, M3に代えて、ワーク1が有する視覚的な適宜の特徴が計測されても良い。

【0055】

図3の左側には、ロボットコントローラ21が行う処理が示されている。ワーク1が所定位置に搬送されたことがセンサ等によって検知されると、ロボットコントローラ21において、この処理が開始される。図3の右側には、サーバ装置41が行う処理が示されている。

30

【0056】

ロボットコントローラ21は最初に、サーバ装置41へ計測指令を送信する(ステップS201)。サーバ装置41は、この指令を受信する(ステップS202)。サーバ装置41は直ちに、送信元のロボットコントローラ21(実質的には、ロボット11)に関連付けられたカメラ31に撮影指令を送信し、取得した撮影画像からマークM1の位置をパターン認識等により取得する(ステップS203)。ここでいうマークM1の位置とは、画像における2次元直交座標を意味する。ステップS203においてカメラ31が画像をサーバ装置41に送信する工程が、第1工程に相当する。

40

【0057】

続いて、サーバ装置41は、マークM1の位置の計測が正常に完了したか否かを判断する(ステップS204)。計測が正常完了した場合は、サーバ装置41は、マークM1の位置を、上記の2次元直交座標系から、ロボット11に固有の3次元直交座標系に変換し、ロボット11がマスターロボットでない場合はマスター座標系に更に変換して、記憶する(ステップS205)。マスター座標系と他のロボットの座標系との変換については後述する。その後、サーバ装置41は、計測が正常終了した旨を、指令の送信元であるロボットコントローラ21に送信する(ステップS206)。

【0058】

50

パターン認識に失敗する等して、マークM1の位置を取得できなかった場合、サーバ装置41は、計測が異常終了した旨をロボットコントローラ21に送信する(ステップS207)。

【0059】

上述のとおり、カメラ31を3次元カメラとすることもできる。カメラ31が3次元カメラである場合は、サーバ装置41がステップS203で得るマークM1の座標は、カメラ31が有する3次元座標系(カメラ座標系、視覚センサ座標系)における3次元座標になる。この3次元座標が、ステップS205において、ロボット11に固有の3次元直交座標系に変換され、更に必要に応じてマスター座標系に変換される。ステップS203においてカメラ31が例えば3次元点群データをサーバ装置41に送信する工程が、第1工程に相当する。

10

【0060】

ロボットコントローラ21は、計測指令の返答をサーバ装置41から受信すると(ステップS208)、返答に含まれていた計測結果を判断する(ステップS209)。計測結果が正常である場合、ロボットコントローラ21は、マークM1の位置を正常に計測できた旨をログ等に記録する(ステップS210)。計測結果が異常である場合、ロボットコントローラ21は、異常が発生した旨をログ等に記録する(ステップS211)。何れの場合も、一連の処理は終了する。

【0061】

上記では1つのロボットコントローラ21に注目してステップS201~S211の処理を説明しているが、他のロボットコントローラ22, 23においても同様の処理が行われる。以上により、3つのカメラ31, 32, 33がそれぞれ撮影した画像から3つのマークM1, M2, M3の位置を計測し、計測結果をサーバ装置41側で記憶することができる。それぞれのロボットコントローラ21, 22, 23が計測指令をサーバ装置41へ送信するタイミングは任意で良い。サーバ装置41は、計測指令を受信したタイミングで、送信元のロボットコントローラに関連付けられたカメラの撮影画像からマークの位置を計測する。

20

【0062】

次に、ワーク座標系の作成に関するインターロック制御について、図4を参照して説明する。この処理は、4つのロボットコントローラ21, 22, 23, 24によって行われる。4つのロボットコントローラ21, 22, 23, 24が行う処理は実質的に同様であるので、ここでは、そのうち1つのロボットコントローラ21が行う処理について説明する。記述を簡潔にするために、図4においてはワーク座標系をフレームと表記している。

30

【0063】

図4の左側には、ロボットコントローラ21が行う処理が示されている。ロボットコントローラ21において、この処理が何らかのトリガによって開始される。トリガは、例えば、図3で説明したマークM1の計測処理が終了したことであるが、これに限定されない。図4の右側には、サーバ装置41が行う処理が示されている。

【0064】

最初にロボットコントローラ21は、ワーク座標系の作成要求をサーバ装置41へ送信する(ステップS301)。サーバ装置41は、この要求を、ロボットコントローラ21から受信する(ステップS302)。

40

【0065】

サーバ装置41は、要求を受信すると、図3のステップS203で説明した計測処理が、3つのマークM1, M2, M3の全てについて完了しているか否かを判断する(ステップS303)。この判断は、言い換えれば、ロボットコントローラ21, 22, 23の全てに関して計測処理が完了したかの判断を意味し、3つのカメラ31, 32, 33の全てに関して計測処理が完了したかを意味している。

【0066】

全ての計測処理が完了していた場合、サーバ装置41は、全ての計測処理が正常に完了

50

したか否かを判断する（ステップS304）。

【0067】

全ての計測処理が正常に完了していた場合、サーバ装置41は、ステップS205で記憶していたマークM1、M2、M3の位置を用いて、ワーク座標系を計算により取得する（ステップS305、第2工程）。その後、サーバ装置41は、作成したワーク座標系の精度を計算により算出し、この精度が所定以上であるか否かを判断する（ステップS306）。この精度は、ワーク1の位置及び姿勢の特定の精度である。判定は、例えば、以下のように行うことができる。サーバ装置41は、3つのマークM1、M2、M3を頂点とする3角形の辺のそれぞれについて、基準値を予め記憶している。3角形の3つの辺の何れについても基準値との差分が所定値以下である場合は、サーバ装置41は、ワーク座標系の精度が所定以上であると判断する。基準値との差分が所定値を上回る辺が1つ以上ある場合は、サーバ装置41は、ワーク座標系の精度が所定未満であると判断する。ただし、精度の良否を判断する方法は上記に限定されない。

10

【0068】

ワーク座標系に関して所定以上の精度が得られていると判定した場合、サーバ装置41は、得られたワーク座標系を記憶する（ステップS307）。ワーク座標系が記憶される前に、必要に応じて、問合せ元のロボットコントローラ21（実質的には、ロボット11）に固有の座標系で見た形となるように変換されても良い。

【0069】

その後、サーバ装置41は、要求の送信元のロボットコントローラ21に対し、ワーク座標系の作成が正常終了した旨を、返答として送信する（ステップS308）。この返答の内容には、先ほど得られたワーク座標系の情報が含まれる。

20

【0070】

ステップS304の判断で、全ての計測処理のうち1回でも異常終了したのがある場合と判定した場合は、サーバ装置41は、要求の送信元のロボットコントローラ21に対し、ワーク座標系の作成が異常終了した旨を返答として送信する（ステップS309）。ステップS306の判断で、所定のフレーム精度が得られないとサーバ装置41が判定した場合も同様である。

【0071】

ステップS303の判断で、3つのマークM1、M2、M3の計測処理の中で未だ完了していないのがある場合は、サーバ装置41は、要求の送信元のロボットコントローラ21に対し、返答としてwaitを送信する（ステップS310）。

30

【0072】

ロボットコントローラ21は、要求の返答をサーバ装置41から受信すると（ステップS311）、返答の内容を判断する（ステップS312）。返答が正常終了であった場合、ロボットコントローラ21は、ワーク座標系を正常に作成できた旨をログ等に記録する（ステップS313）。返答が異常終了であった場合、ロボットコントローラ21は、異常が発生してワーク座標系の作成できなかった旨をログ等に記録する（ステップS314）。返答が正常終了及び異常終了のうち何れであっても、図4の一連の処理は終了する。返答がwaitである場合、処理はステップS301へ戻り、ロボットコントローラ21は再びワーク座標系の作成要求をサーバ装置41へ送信する。

40

【0073】

ロボットコントローラ21は、図3のステップS301でワーク座標系の作成要求を送信し、ステップS311で得られた返答が正常終了であった場合は、得られたワーク座標系に基づいて、実際のワーク1の位置及び姿勢に適合するように、その後のロボット11の動作を補正する。この一連の処理が、ロボット制御方法における第3工程に相当する。

【0074】

上記では1つのロボットコントローラ21に着目してステップS301～S314の処理を説明しているが、他のロボットコントローラ22、23、24においても同様の処理が行われる。4つのロボットコントローラ21、22、23、24の何れからワーク座標

50

系の作成要求を受信しても、サーバ装置 4 1 は、ワーク座標系の作成のための条件が指令時点で満たされていない場合は `w a i t` を返答する。図 4 の左側に示す処理は、サーバ装置 4 1 からの返答が正常終了を示すものでない限り、正常終了しない。従って、サーバ装置 4 1 においてワーク座標系を作成できる条件が満たされない限り、何れのロボットコントローラ 2 1 , 2 2 , 2 3 , 2 4 においても図 4 の処理は完了しないことになる。このようにして、ワーク座標系に関するインターロック制御が実現される。

【 0 0 7 5 】

本実施形態では、サーバ装置 4 1 が 3 つのカメラ 3 1 , 3 2 , 3 3 から画像データを取得し、マーク M 1 , M 2 , M 3 を測定する。従って、ロボットコントローラ 2 1 , 2 2 , 2 3 , 2 4 側で画像処理を行わなくて良いので、安価な構成を採用できる。サーバ装置 4 1 において、画像処理を短時間で行うために例えば高性能な CPU を使用した場合でも、サーバ装置 4 1 は 1 つだけなので、コストの増加は限定的である。

10

【 0 0 7 6 】

本実施形態のロボットシステム 1 0 0 では、上記のように画像処理を行うサーバ装置 4 1 が、複数のロボットコントローラ 2 1 , 2 2 , 2 3 , 2 4 からのワーク座標系の作成要求に応じて、ワーク座標系の計算も行う。また、ワーク座標系を計算できる条件が満たされない場合、サーバ装置 4 1 がワーク座標系の作成要求に対して `w a i t` を返答することで、インターロックを実現することができる。

【 0 0 7 7 】

次に、サーバ装置 4 1 が計算するワーク座標系が適用されるロボットの範囲について説明する。

20

【 0 0 7 8 】

本実施形態では、ワーク座標系は、ワーク 1 に対して同時に 1 つの工程を行う 4 つのロボット 1 1 , 1 2 , 1 3 , 1 4 において共有される。言い換えれば、4 つのロボット 1 1 , 1 2 , 1 3 , 1 4 によって 1 つの群が形成され、この群に対して 1 つのワーク座標系が計算されて、共通で利用されていると考えることができる。

【 0 0 7 9 】

ただし、サーバ装置 4 1 は、例えば、コンペア 2 に対して右側に位置する 2 つのロボット 1 1 , 1 2 に関してワーク座標系を計算し、左側に位置する 2 つのロボット 1 3 , 1 4 に関してワーク座標系を計算しても良い。この場合、コンペア 2 の左側と右側に、2 つのロボットからなる群がそれぞれ形成され、各群に対してワーク座標系が計算されていると考えることができる。上述した初期化のインターロック制御、ワーク座標系のインターロック制御は、この群を単位として行うことができる。

30

【 0 0 8 0 】

以上に説明したように、本実施形態のロボットシステム 1 0 0 は、4 つのロボット 1 1 , 1 2 , 1 3 , 1 4 と、4 つのロボットコントローラ 2 1 , 2 2 , 2 3 , 2 4 と、3 つのカメラ 3 1 , 3 2 , 3 3 と、サーバ装置 4 1 と、を備える。4 つのロボット 1 1 , 1 2 , 1 3 , 1 4 は、同一のワーク 1 に対して同時に作業可能となるように配置される。ロボットコントローラ 2 1 , 2 2 , 2 3 , 2 4 は、それぞれのロボット 1 1 , 1 2 , 1 3 , 1 4 に対応して配置される。カメラ 3 1 , 3 2 , 3 3 は、画像を取得可能である。サーバ装置 4 1 は、カメラ 3 1 , 3 2 , 3 3 が取得した情報に基づいて処理を行う。カメラ 3 1 は、ワーク 1 が有するマーク M 1 について画像を取得可能である。同様に、カメラ 3 2 はマーク M 2 について画像を取得可能であり、カメラ 3 3 はマーク M 3 について画像を取得可能である。4 つのロボットコントローラ 2 1 , 2 2 , 2 3 , 2 4 及び 3 つのカメラ 3 1 , 3 2 , 3 3 は、何れも、共通のサーバ装置 4 1 と通信可能である。サーバ装置 4 1 は、3 つのカメラ 3 1 , 3 2 , 3 3 が取得した画像に現れるマーク M 1 , M 2 , M 3 を計測した結果に基づいて、ワーク座標系を計算する。それぞれのロボットコントローラ 2 1 , 2 2 , 2 3 , 2 4 は、サーバ装置 4 1 に要求した結果に基づいて、当該ロボットコントローラに対応するロボット 1 1 , 1 2 , 1 3 , 1 4 の動作を補正する。

40

【 0 0 8 1 】

50

これにより、サーバ装置 4 1 とロボットコントローラ 2 1 , 2 2 , 2 3 , 2 4 で処理対象を明確に分けることができる。ロボットコントローラ 2 1 , 2 2 , 2 3 , 2 4 側では画像処理を行わなくて済むので、低価格なハードウェアを採用できる。画像処理を行う側のサーバ装置 4 1 は 1 つなので、例えば画像処理能力を高めたような特別なハードウェアを採用したとしても、コストの増加は限定的である。1 つのサーバ装置 4 1 が複数のカメラ 3 1 , 3 2 , 3 3 から情報を取得してワーク座標系を計算する構成なので、情報の集約を自然に実現できる。従って、複数のカメラ 3 1 , 3 2 , 3 3 からの情報を取りまとめてワーク座標系の計算を行うのに好適である。また、複数のロボットコントローラ 2 1 , 2 2 , 2 3 , 2 4 からの要求に対応する処理をサーバ装置 4 1 が集中的に行うので、処理の単純化、通信の簡素化等が容易である。

10

【 0 0 8 2 】

また、本実施形態のロボットシステム 1 0 0 において、サーバ装置 4 1 は、対象物の計測が完了していないカメラ 3 1 , 3 2 , 3 3 がある状態で、例えばロボットコントローラ 2 1 から要求を受信した場合は、要求元のロボットコントローラ 2 1 に対して、要求に対する返答として `w a i t` を送信する。ロボットコントローラ 2 1 は、`w a i t` を受信した場合は、サーバ装置 4 1 に対して再び要求を行う。

【 0 0 8 3 】

これにより、ワーク座標系が取得されなければロボット 1 1 , 1 2 , 1 3 , 1 4 を動作させないインターロック制御を、ワーク座標系を計算するサーバ装置 4 1 が要求に対する窓口となる形で合理的に実現することができる。

20

【 0 0 8 4 】

また、本実施形態のロボットシステム 1 0 0 において、サーバ装置 4 1 は、複数のロボット 1 1 , 1 2 , 1 3 , 1 4 に関するワーク座標系に関する情報を、ロボット毎に記憶する。サーバ装置 4 1 は、例えばロボットコントローラ 2 1 が送信する初期化指令に応じて、ロボットコントローラ 2 1 に対応するロボット 1 1 に関する情報を初期化する。ワーク座標系の適用対象である複数のロボット 1 1 , 1 2 , 1 3 , 1 4 からなる群に属するロボットのロボットコントローラ（例えば、ロボットコントローラ 2 1 ）は、それぞれ、ワーク座標系に関する情報の初期化が、上記の群に属する 4 つのロボット 1 1 , 1 2 , 1 3 , 1 4 の全てについて完了したか否かの問合せをサーバ装置 4 1 に送信する。サーバ装置 4 1 は、群に属してワーク座標系に関する情報の初期化が完了していないロボットがある状態で、群に属するロボットに対応するロボットコントローラ（例えば、ロボットコントローラ 2 1 ）から問合せを受信した場合は、問合せ元のロボットコントローラ 2 1 に対して、問合せに対する回答として `w a i t` を送信する。ロボットコントローラ 2 1 は、`w a i t` を受信した場合は、サーバ装置 4 1 に対して再び問合せを行う。

30

【 0 0 8 5 】

これにより、全てのロボットの情報が初期化されなければ次の処理に移行させないインターロック制御を、サーバ装置 4 1 によって実現することができる。

【 0 0 8 6 】

また、本実施形態のロボットシステム 1 0 0 において、サーバ装置 4 1 は、設定用コンピュータ 5 1 と通信可能である。サーバ装置 4 1 は、設定用コンピュータ 5 1 からの送信によって、ワーク座標系の取得に関する設定を変更可能である。ワーク座標系の取得に関する設定は様々に考えられるが、例えば、マーク M 1 , M 2 , M 3 のパターン認識に関する設定が考えられる。

40

【 0 0 8 7 】

これにより、サーバ装置 4 1 に対して、遠隔での設定の変更が可能になる。従って、サーバ装置 4 1 の設置場所まで作業者が移動する必要がないため、利便性が向上する。

【 0 0 8 8 】

次に、第 2 実施形態を説明する。図 5 は、第 2 実施形態に係る 1 0 0 x の模式図である。なお、本実施形態の説明においては、前述の実施形態と同一又は類似の部材には図面に同一の符号を付し、説明を省略する場合がある。

50

【 0 0 8 9 】

このロボットシステム 1 0 0 x が適用される工場では、図 5 に示すように、ワーク 1 に対して複数の作業工程にわたって作業が行われる。サーバ装置 4 1 は、それぞれの作業工程におけるワーク座標系を計算することができる。

【 0 0 9 0 】

ワーク 1 はコンベア 2 によって第 1 位置 P 1 に搬送された後、4 つの第 1 ロボット 1 1 , 1 2 , 1 3 , 1 4 によって第 1 作業工程が行われる。続いて、ワーク 1 はコンベア 2 によって第 2 位置 P 2 に搬送され、4 つの第 2 ロボット 1 6 , 1 7 , 1 8 , 1 9 によって第 2 作業工程が行われる。

【 0 0 9 1 】

4 つのロボットコントローラ 2 1 , 2 2 , 2 3 , 2 4 は、第 1 ロボット 1 1 , 1 2 , 1 3 , 1 4 に対応して配置される。4 つのロボットコントローラ 2 6 , 2 7 , 2 8 , 2 9 は、第 2 ロボット 1 6 , 1 7 , 1 8 , 1 9 に対応して配置される。

【 0 0 9 2 】

ワーク 1 には、4 つのマーク M 1 , M 2 , M 3 , M 4 が付されている。第 1 位置 P 1 の周辺には第 1 カメラ (第 1 視覚センサ) 3 1 , 3 2 , 3 3 が設置されており、対応するマーク M 1 , M 2 , M 3 を撮影することができる。第 2 位置 P 2 の周辺には第 2 カメラ (第 2 視覚センサ) 3 6 , 3 7 , 3 8 が設置されており、対応するマーク M 1 , M 2 , M 4 を撮影することができる。

【 0 0 9 3 】

第 1 ロボット 1 1 , 1 2 , 1 3 , 1 4 のロボットコントローラ 2 1 , 2 2 , 2 3 , 2 4 、及び、第 2 ロボット 1 6 , 1 7 , 1 8 , 1 9 のロボットコントローラ 2 6 , 2 7 , 2 8 , 2 9 は、何れもサーバ装置 4 1 と通信することができる。第 1 カメラ 3 1 , 3 2 , 3 3 及び第 2 カメラ 3 6 , 3 7 , 3 8 は、何れもサーバ装置 4 1 と通信することができる。

【 0 0 9 4 】

第 1 作業工程を担当する 4 つの第 1 ロボット 1 1 , 1 2 , 1 3 , 1 4 は、1 つの群を形成すると考えることができる。サーバ装置 4 1 は、この群を適用対象とするワーク座標系を計算する。この計算には、ワーク 1 が第 1 位置 P 1 にあるときに、第 1 カメラ 3 1 , 3 2 , 3 3 がマーク M 1 , M 2 , M 3 をそれぞれ撮影した画像が用いられる。

【 0 0 9 5 】

第 2 作業工程を担当する 4 つの第 2 ロボット 1 6 , 1 7 , 1 8 , 1 9 は、1 つの群を形成すると考えることができる。サーバ装置 4 1 は、この群を適用対象とするワーク座標系を計算する。この計算には、ワーク 1 が第 2 位置 P 2 にあるときに、第 2 カメラ 3 6 , 3 7 , 3 8 がマーク M 2 , M 1 , M 4 をそれぞれ撮影した画像が用いられる。

【 0 0 9 6 】

本実施形態においても、上述の第 1 実施形態で説明したインターロック制御が行われる。ただし、このインターロック制御は、上記で説明した作業工程ごとの群を単位として行われる。従って、ある作業工程でのインターロック制御が別の作業工程に影響しないようにすることができる。

【 0 0 9 7 】

以上に本発明の好適な実施の形態を説明したが、上記の構成は例えば以下のように変更することができる。

【 0 0 9 8 】

上記の実施形態では、サーバ装置 4 1 は、ロボットコントローラ 2 1 からの要求に応じて、ワーク座標系の計算を行う。これに限らず、必要な画像データをサーバ装置 4 1 がカメラ 3 1 , 3 2 , 3 3 から受信した時点で、サーバ装置 4 1 がワーク座標系の計算を自動的に開始するように構成しても良い。

【 0 0 9 9 】

視覚センサとして、カメラの代わりにステレオカメラを用いても良いし、3次元レーザセンサのような3次元視覚センサを用いても良い。

10

20

30

40

50

【 0 1 0 0 】

1つのカメラが2以上のマークを同時に撮影しても良い。この場合、1つの画像に現れる2以上のマークが、サーバ装置41によって計測される。従って、例えば、2つのカメラによって3つのマークM1, M2, M3の位置を計測することもできる。このように、それぞれの作業工程におけるカメラの数は任意である。

【 0 1 0 1 】

3つではなく4つ以上のマークの位置から、ワーク座標系が求められても良い。

【 0 1 0 2 】

サーバ装置41として、2つ以上のコンピュータが用いられても良い。この場合、視覚情報の処理を分担して行うことができる。

【 符号の説明 】

【 0 1 0 3 】

- 1 1 , 1 2 , 1 3 , 1 4 ロボット
- 2 1 , 2 2 , 2 3 , 2 4 ロボットコントローラ
- 3 1 , 3 2 , 3 3 カメラ (視覚センサ)
- 4 1 サーバ装置 (視覚処理コンピュータ)
- 1 0 0 ロボットシステム

10

20

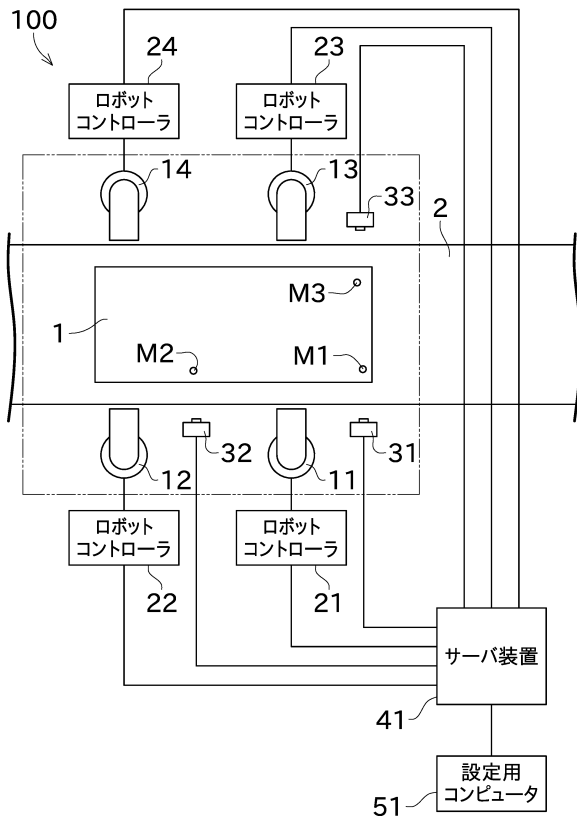
30

40

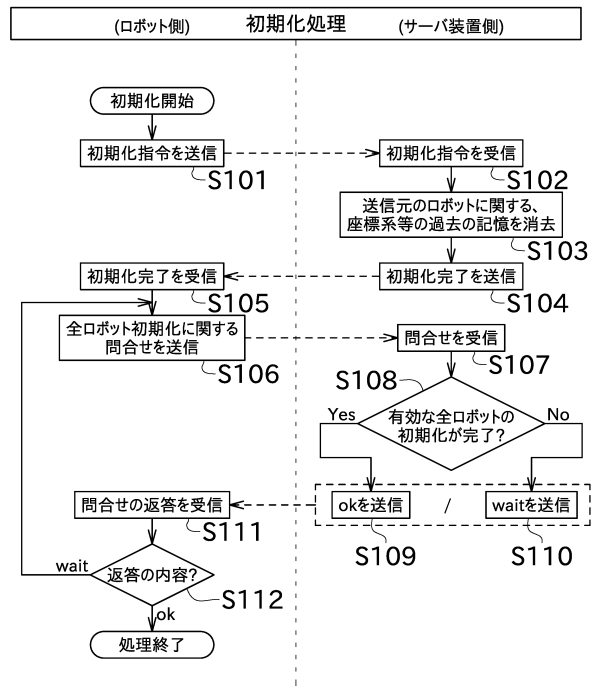
50

【図面】

【図1】



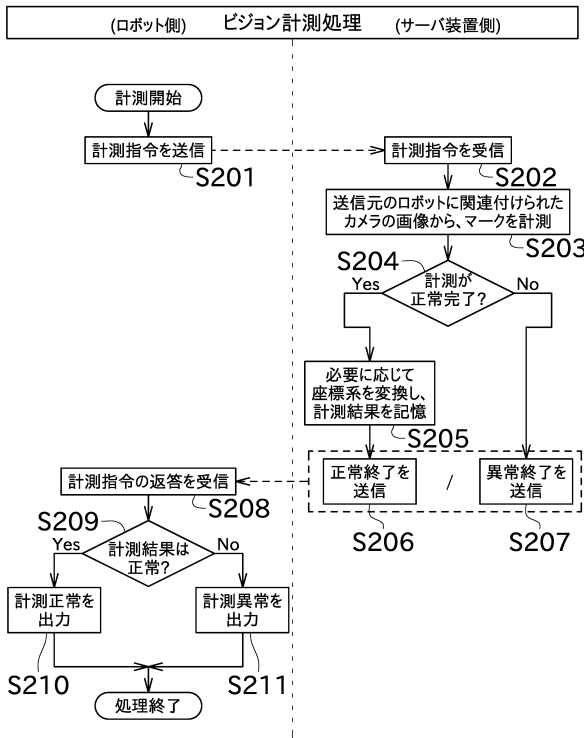
【図2】



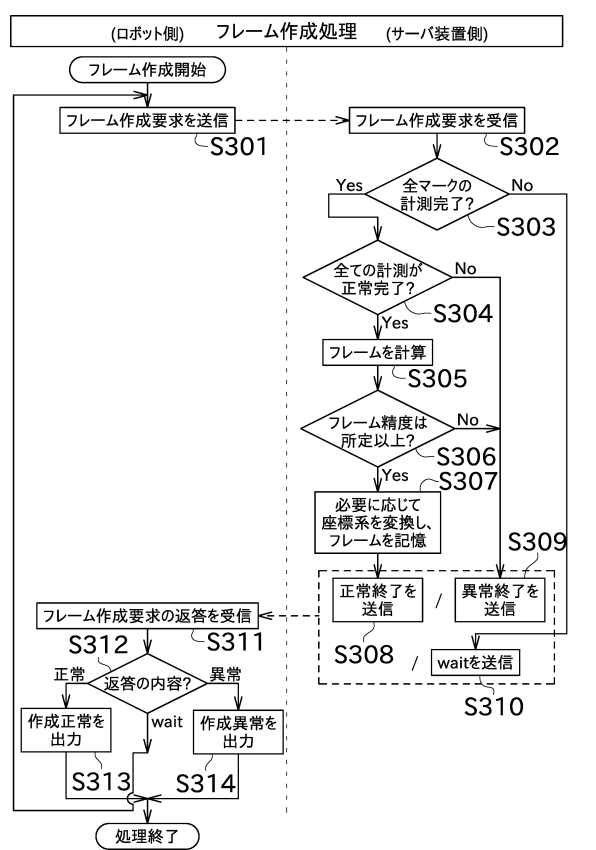
10

20

【図3】



【図4】

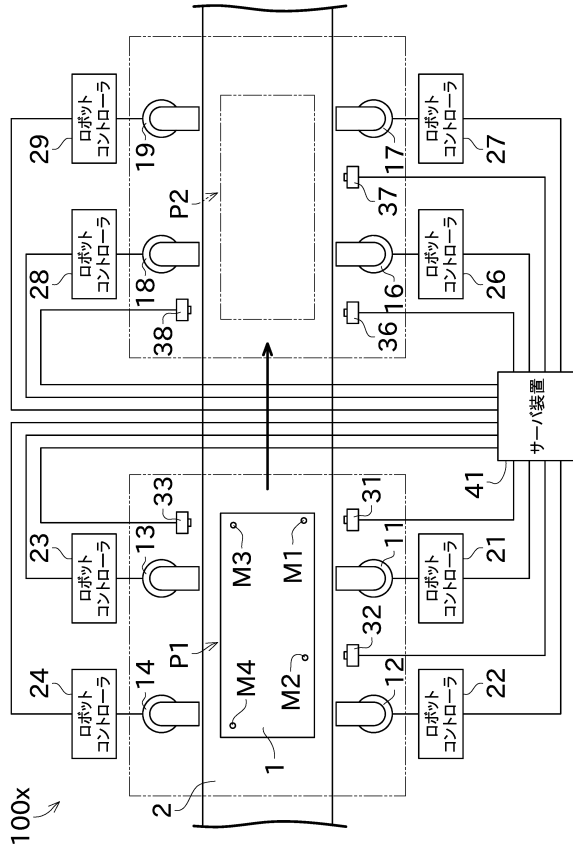


30

40

50

【図5】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2005-074617(JP,A)
特開平11-156775(JP,A)
国際公開第2002/023297(WO,A1)
国際公開第2009/063565(WO,A1)
特開2017-204955(JP,A)
特開2011-121405(JP,A)
特開2012-086333(JP,A)
特開2018-122409(JP,A)
米国特許出願公開第2010/0092032(US,A1)
米国特許出願公開第2007/0179646(US,A1)
米国特許出願公開第2018/0302549(US,A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
B25J 13/00 - 19/04
G05B 19/05 - 19/18