

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6351900号  
(P6351900)

(45) 発行日 平成30年7月4日(2018.7.4)

(24) 登録日 平成30年6月15日(2018.6.15)

(51) Int.Cl. F I  
**B 2 5 J 19/06 (2006.01)** B 2 5 J 19/06

請求項の数 7 (全 17 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2018-502444 (P2018-502444)</p> <p>(86) (22) 出願日 平成29年4月28日 (2017.4.28)</p> <p>(86) 国際出願番号 PCT/JP2017/017012</p> <p>(87) 国際公開番号 W02017/203937</p> <p>(87) 国際公開日 平成29年11月30日 (2017.11.30)</p> <p>審査請求日 平成30年1月17日 (2018.1.17)</p> <p>(31) 優先権主張番号 特願2016-105489 (P2016-105489)</p> <p>(32) 優先日 平成28年5月26日 (2016.5.26)</p> <p>(33) 優先権主張国 日本国 (JP)</p> <p>早期審査対象出願</p>	<p>(73) 特許権者 000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号</p> <p>(74) 代理人 100118762 弁理士 高村 順</p> <p>(72) 発明者 岡原 卓矢 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三 菱電機株式会社内</p> <p>(72) 発明者 白土 浩司 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三 菱電機株式会社内</p> <p>審査官 貞光 大樹</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ロボット制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

予め作業内容が設定された一つ以上の作業工程を行う作業者と作業空間を共有して動作するロボットを制御するロボット制御装置であって、

前記ロボットの位置及び姿勢であるロボット制御状態を計測するロボット制御状態計測部と、

前記作業工程の開始から終了までを通して、前記作業者の作業動作で、前記作業者の身体が占有する空間を包含した領域を示すデータを作業工程毎に予め記憶し、前記データと前記作業者が現在行っている前記作業工程を指定する作業工程指定信号とに基づき、前記作業者の現在の作業工程に対応した作業領域を設定する作業領域設定部と、

前記作業領域及び前記ロボット制御状態をもとに前記ロボットへの動作指令を生成するロボット指令生成部とを備え、

前記ロボット指令生成部は、前記ロボットが前記作業領域内に存在するか否かによって、前記ロボットへの動作指令を変更することを特徴とするロボット制御装置。

【請求項2】

前記ロボット指令生成部は、前記ロボットが前記作業領域内に存在する場合は、前記ロボットへの動作指令を、前記ロボットが前記作業領域外に退避するように出力することを特徴とする請求項1に記載のロボット制御装置。

【請求項3】

予め作業内容が設定された一つ以上の作業工程を行う作業者と作業空間を共有して動作

するロボットを制御するロボット制御装置であって、

前記ロボットの位置及び姿勢であるロボット制御状態を計測するロボット制御状態計測部と、

前記作業工程の開始から終了までの前記作業者の作業動作で、前記作業者の身体が占有する空間を包含した領域を作業工程毎に記憶し、前記作業者が現在行っている前記作業工程を指定する作業工程指定信号に基づき、前記作業者の現在の作業工程に対応した作業領域を設定する作業領域設定部と、

前記作業領域及び前記ロボット制御状態をもとに前記ロボットへの動作指令を生成するロボット指令生成部とを備え、

前記ロボット指令生成部は、前記ロボットが前記作業領域内に存在するか否かによって、前記ロボットへの動作指令を変更し、

前記作業領域設定部は、作業工程における前記作業領域に加え次の作業工程の順番を合わせて記憶しており、現在の前記作業者の作業工程に対応した前記作業領域に加え、現在の作業工程から次の工程先の作業工程に対応した次作業領域を設定し、

前記ロボット指令生成部は、前記ロボットが前記作業領域内に侵入している場合と、前記作業領域内に侵入しておらず、前記次作業領域内に侵入している場合で、前記作業領域及び前記次作業領域からの退避方法を変更することを特徴とするロボット制御装置。

【請求項 4】

前記ロボット指令生成部は、前記ロボットが前記作業領域内に侵入しておらず、前記次作業領域内に侵入している場合に、前記作業領域内に侵入しない範囲で前記次作業領域外に退避することを特徴とする請求項 3 に記載のロボット制御装置。

【請求項 5】

予め作業内容が設定された一つ以上の作業工程を行う作業者と作業空間を共有して動作するロボットを制御するロボット制御装置であって、

前記作業者の位置及び姿勢である作業状態を計測する作業計測部と、

前記ロボットの位置及び姿勢であるロボット制御状態を計測するロボット制御状態計測部と、

前記作業工程の開始から終了までを通して、前記作業者の作業動作で、前記作業者の身体が占有する空間を包含した領域を示すデータを作業領域として予め記憶し、前記データと前記作業者が現在行っている前記作業工程を指定する作業工程指定信号とに基づき、前記作業者の現在の作業工程に対応した前記作業領域を設定する作業領域設定部と、

前記作業領域と前記作業状態と前記ロボット制御状態をもとに前記ロボットへの動作指令を生成するロボット指令生成部とを備え、

前記ロボット指令生成部は、前記ロボットが前記作業領域に侵入しているか否かの判定により前記ロボットへの動作指令を変更することを特徴とするロボット制御装置。

【請求項 6】

前記作業領域設定部は、作業領域修正部を備え、

前記作業領域修正部は、前記作業工程指定信号により指定された前記作業工程に対応した前記作業領域と、前記作業計測部から入力された前記作業状態をもとに記憶されている前記作業領域を修正することを特徴とする請求項 5 に記載のロボット制御装置。

【請求項 7】

前記ロボット制御状態計測部は、前記ロボット指令生成部から出力される前記ロボットへの動作指令をもとに前記ロボット制御状態を計測することを特徴とする請求項 1 から請求項 6 のいずれか一項に記載のロボット制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、人と作業空間を共有しつつ動作するロボット制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

10

20

30

40

50

近年、作業者とロボットとが安全柵で仕切られることなく作業空間を共有した人協調ロボットシステムの開発が進められている。人協調ロボットシステムでは、作業者がロボットの可動範囲に侵入するおそれがあり、両者の衝突を防ぐために作業者及びロボットの位置及び速度に基づいて両者が衝突するおそれを判定し、衝突し得る場合にはロボットの動作を停止させるように動作を制限することで安全性を担保している。ところで、作業者とロボットとが近い位置に存在するほど、又は両者が高速で移動しているほど両者は衝突しやすい。そのため、両者がより遠い位置に存在する段階、又は両者がより低速で移動している段階においてロボットの動作制限を設定すべきである。しかしながら、両者が衝突しないように、ロボットと作業者とが接近する都度、動作を停止しては作業効率が低下する。そのため、作業者への安全性と作業効率とを両立させるための取り組みがなされている。

10

【0003】

従来技術の一例である特許文献1には、作業者がロボット動作に介入する度にロボットが動作を停止し作業効率が低下するといった課題に対して、作業者とロボットの双方の現在位置及び移動速度をもとに作業者とロボットの双方の将来位置を予測し、その予測値に基づいてロボットと作業者の接触可能性を判断することで、将来的に作業者とロボットとの接触の可能性がないと判断される場合にはロボットの動作を停止させないようにすることが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

20

【0004】

【特許文献1】特開2010-120139号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、上記従来の技術によれば、作業者の作業内容によっては作業者が作業で利用しない範囲までも過剰に侵入検知範囲として設定される。そのため、作業効率が低下する、という問題があった。

【0006】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、作業者とロボットとが作業空間を共有しつつ作業を行う際に、高い作業効率を維持しつつ両者の衝突のおそれを低下させたロボット制御装置を得ることを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0007】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明は、予め作業内容が設定された一つ以上の作業工程を行う作業者と作業空間を共有して動作するロボットを制御するロボット制御装置であって、前記ロボットの位置及び姿勢であるロボット制御状態を計測するロボット制御状態計測部と、前記作業工程の開始から終了までの前記作業者の作業動作で、前記作業者の身体が占有する空間を包含した領域を作業工程毎に記憶し、前記作業者が現在行っている前記作業工程を指定する作業工程指定信号に基づき、前記作業者の現在の作業工程に対応した作業領域を設定する作業領域設定部と、前記作業領域及び前記ロボット制御状態をもとに前記ロボットへの動作指令を生成するロボット指令生成部とを備え、前記ロボット指令生成部は、前記ロボットが前記作業領域内に存在するか否かによって、前記ロボットへの動作指令を変更することを特徴とする。

40

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、作業者とロボットとが作業空間を共有しつつ作業を行う際に、高い作業効率を維持しつつ両者の衝突のおそれを低下させたロボット制御装置を得ることができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

50

## 【0009】

【図1】実施の形態1にかかるロボット制御装置を備えるロボットシステム及び該ロボットシステムが適用される作業現場の一例を示す模式図

【図2】図1に示すロボット制御装置の一構成例を示すブロック図

【図3】図2に示すロボット指令生成部の一構成例を示すブロック図

【図4】実施の形態1においてロボットと作業者が作業空間を共有して作業を行う作業現場を示す模式図

【図5】実施の形態2にかかるロボット制御装置の一構成例を示すブロック図

【図6】図5に示すロボット指令生成部の一構成例を示すブロック図

【図7】実施の形態2においてロボットと作業者が作業空間を共有して作業を行う作業現場を示す模式的な俯瞰図を示す図

10

【図8】実施の形態3にかかるロボット制御装置の一構成例を示すブロック図

【図9】実施の形態3においてロボットと作業者が作業空間を共有して作業を行う作業現場を示す模式的な俯瞰図を示す図

【図10】実施の形態4にかかるロボット制御装置を備えるロボットシステム及び該ロボットシステムが適用される作業現場の一例を示す模式図

【図11】図10に示すロボット制御装置の一構成例を示すブロック図

【図12】実施の形態4において設定される作業者の身体計測点の一例を示す図

【図13】図11に示すロボット指令生成部の一構成例を示すブロック図

【図14】実施の形態5にかかるロボット制御装置の一構成例を示すブロック図

20

【図15】図14に示す作業領域設定部の一構成例を示すブロック図

【図16】実施の形態6にかかるロボット制御装置の一構成例を示すブロック図

【発明を実施するための形態】

## 【0010】

以下に、本発明の実施の形態にかかるロボット制御装置を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。

## 【0011】

実施の形態1.

図1は、本発明の実施の形態1にかかるロボット制御装置1を備えるロボットシステム及び該ロボットシステムが適用される作業現場の一例を示す模式図である。図1に示すロボット制御装置1は、ロボット2に接続され、ロボット関節角度計測装置3からのロボット関節角信号3a及び作業工程指定装置5からの作業工程指定信号5aをもとに、ロボット2に対して動作指令を出力する。また、図1に示す作業現場には、作業台6が配され、作業者7が存在し、ロボット2は作業者7と作業空間を共有して動作する。

30

## 【0012】

図2は、図1に示すロボット制御装置1の一構成例を示すブロック図である。図2に示すロボット制御装置1は、ロボット位置及び姿勢であるロボット制御状態情報102aを計測するロボット制御状態計測部102と、作業工程の開始から終了までの作業者7の作業動作であって、作業者7の身体が占有する空間を包含した領域を作業領域として記憶し、作業者7が現在行っている作業工程を指定する作業工程指定信号5aに基づいて作業者7の現在の作業工程に対応した作業領域を設定して作業領域情報104aを出力する作業領域設定部104と、作業領域情報104a及びロボット制御状態情報102aをもとにロボット2への動作指令105aを生成するロボット指令生成部105とを備える。

40

## 【0013】

ロボット制御装置1は、図示しない記憶部に作業者7の作業工程毎に作業者7の作業領域データを記憶している。

## 【0014】

ここで、作業工程は、作業者7の一連の作業を、作業内容に応じて分割したものである。作業工程の分割点には、作業者7の位置の変化点、作業で使用する工具及び部品の変化点、作業における使用身体部位の変化点及び作業者7の作業動作の不連続点を例示

50

することができる。また、作業工程は、作業現場で既に使用されている作業者7の作業工程表に合わせて分割されてもよいし、作業工程毎に所要作業時間を設定することにより分割してもよい。また、作業工程には作業者7が作業を行わないといった設定をしてもよく、その作業工程に対応した作業領域は空集合で設定される。

【0015】

ロボット制御装置1は、予め作業内容が設定された、分割された1つ以上の作業工程に対して、該作業工程において作業者7が身体部位により占有する空間領域を作業領域データとして予め記憶している。この作業領域データは、作業工程毎に作業者7の動作範囲を想定して予めCAD (Computer Aided Design) 上で作成してもよいし、作業者7が実際に作業工程を行う際の作業者7の動作を予め計測することで作成してもよい。

10

【0016】

ロボット2は複数のアームを備え、各アームの結合点である各関節には、関節角度を制御する駆動装置を備え、ロボット制御装置1からの動作指令に応じて、様々な位置及び姿勢をとることが可能である。ここで、駆動装置には、サーボモータ若しくはステッピングモータに代表される電動モータ、又は空気圧若しくは油圧を利用したシリンダを例示することができるが、駆動装置はこれらに限定されるものではない。

【0017】

また、図1に示すロボットシステムは、現在時刻でのロボット2の関節角度を計測するロボット関節角度計測装置3を備える。ロボット関節角度計測装置3には、エンコーダを例示することができ、ロボット2の各アームの関節の各々に設けられている。又は、ロボット関節角度計測装置3にはカメラをはじめとする画像センサを例示することができ、このような画像センサを用いてロボット2の各関節角度を計測してもよい。

20

【0018】

作業工程指定装置5は、ロボット制御装置1に記憶されている作業工程データの中から作業者7が現在実行中の作業工程を指定する作業工程指定信号5aを出力する。作業工程指定装置5にはデジタルスイッチを例示することができ、このデジタルスイッチは作業者7によって切換え可能である。このとき、デジタルスイッチは分割された作業工程の数だけ指定できるようにボタンが配置されていてもよいし、作業工程データにおいて予め作業工程に実行順を設定することにより、デジタルスイッチが作業工程の実行順を操作するようにボタンが配置されていてもよい。また、作業工程指定信号5aの伝送形式は有線であっても無線であってもよく、伝送形式が無線伝送である場合には、ロボット制御装置1に無線受信部が設けられていればよい。

30

【0019】

また、ロボット制御装置1に記憶されている作業工程データに対して、1つ以上の作業工程を判別するための付加情報として、作業環境又は作業者の部位で作業工程毎に相違となる作業者位置、作業者姿勢、使用工具位置、使用工具姿勢、部品位置、部品姿勢のうち、少なくともいずれか1つが予め作業工程と対応して記憶されている場合には、作業工程指定装置5は、対応する作業工程判定用データを取得可能なセンサであり、計測した結果及び作業工程判定用データをもとに作業工程指定信号5aを出力すればよい。ここで、作業工程判定用データを取得可能なセンサには、RGB-D (Red Green Blue-Depth) センサ及びレンジセンサを例示することができるが、作業工程判定用データを取得可能なセンサは、これらに限定されるものではない。また、これらのセンサの検出不可領域の補償及び検出精度の向上を目的として、マットスイッチ、ライトカーテン、レーザーセンサといったセンサを併用してもよい。

40

【0020】

ロボット制御状態計測部102は、ロボット関節角度計測装置3から入力されるロボット関節角信号3aに含まれるロボット2の各関節における角度情報をもとにロボット2の各関節における角速度を演算する。各関節における角速度は、対応した関節角度の時間差分値をとることにより演算可能である。また、各関節における角速度の時間差分値に対してフィルタ処理を行うと、ノイズ除去を行うことができる。フィルタ処理のフィルタには

50

ローパスフィルタを例示することができる。

【0021】

ロボット制御装置1は、ロボット2の筐体データを保持し、ロボット制御状態計測部102ではロボット2の各関節における関節角度と各関節における角速度とをもとに、ロボット2の位置及び姿勢であるロボット制御状態情報102aを演算することが可能である。

【0022】

作業領域設定部104は、ロボット制御装置1に記憶されている作業領域データから作業工程指定信号5aにより指定された、作業者7の現在の作業工程に対応した作業領域情報104aを出力する。

【0023】

図3は、図2に示すロボット指令生成部105の一構成例を示すブロック図である。図3に示すロボット指令生成部105は、ロボット2が作業領域情報104aの作業領域内に侵入しているか否かの侵入判定信号106aを出力する侵入判定部106と、侵入判定信号106aに基づき、ロボット2が作業領域情報104aの作業領域内に侵入していないと判定した場合には、第1の制御モードである非侵入時制御モードによりロボット2への動作指令105aを出力し、ロボット2が作業領域情報104aの作業領域内に侵入していると判定した場合には、第2の制御モードである侵入時制御モードによりロボット2への動作指令105aを出力する動作指令出力部107とを備える。

【0024】

侵入判定部106は、ロボット制御状態情報102a及び作業領域情報104aに基づいて、ロボット2の作業領域情報104aへの侵入判定信号106aを出力する。侵入判定では、ロボットハンドに代表されるロボット2の筐体の一部を判定点と設定し、その判定点が作業領域情報104aの内部に存在するか否かを判定すればよい。

【0025】

動作指令出力部107における第1の制御モードである非侵入時制御モードでは、ロボット動作軌道に従って動作指令105aを出力する。ロボット動作軌道は、ロボット2を構成する各アームの関節角度の指令値履歴であり、ロボット2が行う作業内容により予め教示されている。ロボット2がロボット動作軌道に従って動作している際に、作業領域情報104aの作業領域内へ侵入すると、侵入判定部106では、侵入判定信号106aが変化することで第2の制御モードである侵入時制御モードに移行する。また、ロボット2が作業領域情報104aの作業領域内へ侵入しないように、ロボット2をこの作業領域内に侵入する前に停止させるように動作を制御してもよい。

【0026】

動作指令出力部107における第2の制御モードである侵入時制御モードでは、ロボット2に対して停止指令を出力する。

【0027】

図4は、本実施の形態においてロボット2と作業者7が作業空間を共有して作業を行う作業現場を示す模式図である。図4(a)には作業現場の側面図を示し、図4(b)には作業現場の俯瞰図を示す。図4において、ロボット2及び作業者7は、共有作業空間である作業台6上の空間において作業を行う。ロボット2は、予め設定されたロボット動作軌道に従って動作し、その際に作業者7は一時的にロボット2の可動範囲に侵入する。

【0028】

一般的な作業現場では、図4に示すように、ロボット2と作業者7とは安全柵10により分離され、インターロック又はライトカーテンといった侵入検知装置11の信号をもとに作業者7の侵入を検知すると、作業台6は作業者7の作業空間として設定され、ロボット2は動作を停止し、作業者7の侵入を検知しなくなったときにロボット2は動作を再開することで作業者7及びロボット2が作業空間を共有している。しかしながら、このような作業現場では、ロボット2は共有作業空間への作業者7の侵入に対して過剰に反応して停止してしまい、作業効率が低いという問題があった。一例として、図4において、ロボ

10

20

30

40

50

ット2が作業対象物82に対して作業を行っている際に、作業7が作業対象物81を作業台6上の作業対象物82の隣に搬送する場合には、作業7とロボット2とは、独立して作業できるにも関わらず、侵入検知装置11が作業7の侵入を検知するためにロボット2は作業の途中で不必要に停止してしまい、結果として作業効率が低下する。

#### 【0029】

しかしながら、上記説明した本実施の形態によれば、作業7の作業工程に応じて作業7の作業領域を設定し、その作業領域に基づいてロボット2への動作制限範囲を狭くすることができる。そのため、ロボット2の停止頻度を抑制することができ、結果として作業7とロボット2との協調作業効率の向上が可能である。また、本実施の形態では上記したように作業領域が設定されていればよく、安全柵10及び侵入検知装置11が設けら

10

#### 【0030】

実施の形態2.

本実施の形態においては、ロボット制御装置内のロボット指令生成部がロボット2を作業領域から退避させるように動作する形態について説明する。図5は、本実施の形態にかかるロボット制御装置1Aの一構成例を示すブロック図である。図5に示すロボット制御装置1Aは、図2に示すロボット指令生成部105に代えてロボット指令生成部105Aを備える。

#### 【0031】

図6は、図5に示すロボット指令生成部105Aの一構成例を示すブロック図である。図6に示すロボット指令生成部105Aは、退避動作軌道生成部108を備え、図3に示す動作指令出力部107に代えて動作指令出力部107Aを備える。

20

#### 【0032】

退避動作軌道生成部108は、ロボット制御状態情報102aに基づいて、現在のロボット2の制御状態から予め設定されたロボット2の退避点での制御状態までの退避動作軌道情報108aを生成する。ここで、退避点は、ロボット2が作業7の作業を阻害しないように、設定された作業とは別に一時的に移動する空間点であり、作業7の作業内容及び予め設定された作業領域を考慮して設定される1つ以上の空間点である。

#### 【0033】

退避点までの退避動作軌道情報108aは、現在のロボット制御状態情報102aと退避点でのロボット2が備える各アームの関節角度の変化量とを時間に対して線形補間で作成すればよい。

30

#### 【0034】

動作指令出力部107Aは、ロボット制御状態情報102aと作業領域情報104aと侵入判定信号106aと退避動作軌道情報108aとに基づいてロボット2への動作指令105aを出力する。

#### 【0035】

動作指令出力部107Aは、侵入判定信号106aによりロボット2が作業領域情報104aの作業領域内に侵入していないと判定した場合には、第1の制御モードである非侵入時制御モードによりロボット2への動作指令105aを出力し、ロボット2が作業領域情報104aの作業領域内に侵入していると判定した場合には、第2の制御モードである侵入時制御モードによりロボット2への動作指令105aを出力する。

40

#### 【0036】

動作指令出力部107Aにおける第1の制御モードである非侵入時制御モードは、実施の形態1における動作指令出力部107と同様であるため、説明を省略する。

#### 【0037】

動作指令出力部107Aにおける第2の制御モードである侵入時制御モードは、退避動作軌道情報108aに従ってロボット2への動作指令105aを出力する。ここで、退避点が複数設定されている場合には、複数の退避動作軌道情報108aから1つを選択する。退避動作軌道の選択方法の一例は、作業工程毎に予め使用する退避点が指定されてい

50

もよい。又は、現在のロボット制御状態情報 102 a 及び作業領域情報 104 a の関係から、退避動作軌道情報 108 a に従って最短距離若しくは最短時間でロボット 2 が作業領域情報 104 a の作業領域の外へ離脱可能な退避点が選択されてもよい。又は、ロボット 2 が作業領域情報 104 a の作業領域の外へ離脱するまでに、この作業領域内に侵入しているロボット 2 の筐体部分の体積が最も小さくなるように退避点が選択されてもよい。又は、ロボット 2 が作業領域情報 104 a の作業領域の外へ離脱するまでに、この作業領域内に侵入しているロボット 2 のロボットハンドに代表される特定の部分の体積が最も小さくなるように退避点が選択されてもよい。

【0038】

さらには、退避点の選択時に、ロボット 2 に予め設定されているロボット動作軌道に従って作業を進める方向若しくは作業を戻す方向に動作させたときに、上述の退避動作軌道情報 108 a の選択方法に則して評価した結果、いずれの退避動作軌道情報 108 a に従って作業領域情報 104 a の作業領域の外へ離脱するよりも、ロボット動作軌道に従ってこの作業領域情報 104 a の外へ離脱する方が適している場合には、このロボット動作軌道に従ってロボット 2 への動作指令 105 a を出力してもよい。

【0039】

また、動作指令出力部 107 A は、ロボット 2 を退避動作軌道情報 108 a に従って退避点へ移動させている時に、ロボット 2 が作業領域情報 104 a の作業領域の外に離脱したと判定される場合にはロボット 2 を退避点まで移動させる前に停止させるように設定してもよい。

【0040】

図 7 は、本実施の形態においてロボット 2 と作業者 7 が作業空間を共有して作業を行う作業現場を示す模式的な俯瞰図を示す図である。図 7 は、図 4 に示す作業現場と同様であり、同様の構成については同一符号を付してその説明を省略する。

【0041】

図 7 ( a ) から ( c ) では、作業者 7 が作業対象物 8 1 を作業対象物 8 2 に組み付ける作業を行うために共有作業空間内に侵入する。図 7 ( a ) では、作業者 7 は、作業対象物 8 1 を搬送して作業台 6 の上に置かれた作業対象物 8 2 に接近しており、ロボット 2 は、作業対象物 8 2 に対して作業を行っている。また、図 7 ( a ) には、破線矢印により作業者 7 の現作業工程予定経路 1 2 を示している。

【0042】

図 7 ( b ) , ( c ) では、図 7 ( a ) の状態から、作業者 7 が作業対象物 8 2 に接近している。図 7 ( b ) では、侵入検知装置 1 1 が作業者 7 の侵入を検知した際に、ロボット 2 は作業対象物 8 2 に接近した状態で動作を停止させてしまい、作業者 7 が作業対象物 8 2 に対して作業を行うための作業範囲を確保することができないおそれがある。このとき、作業者 7 はロボット 2 の存在が障害となり作業対象物 8 1 と作業対象物 8 2 との組み付け作業を行うことができず、作業者 7 はロボット 2 の動作を優先して待機し、又はロボット 2 の自動運転を強制的に停止させてジョグ運転によりロボット 2 を作業の障害とならない位置まで移動させるかを行う必要があり、いずれも作業効率が低下するといった問題がある。

【0043】

しかしながら、本実施の形態においては、作業者 7 が作業対象物 8 2 へ接近する際に作業領域を設定し、ロボット 2 をこの作業領域から退避させるように動作指令 105 a を出力することで、ロボット 2 のこの作業領域への過度な接近及び作業の妨害を防ぐことができ、結果として作業者 7 の待機動作、及びジョグ運転によるロボット 2 の移動作業が不要となるため、作業者 7 とロボット 2 との協調作業効率を向上させることができる。

【0044】

実施の形態 3 .

本実施の形態においては、ロボットが作業者の現在の作業工程の次の作業領域から予め退避するように動作する形態について説明する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 5 】

図 8 は、本実施の形態にかかるロボット制御装置 1 B の一構成例を示すブロック図である。図 8 では、図 2 に示す構成と同様の構成については同一符号を付してその説明を省略する。図 8 に示すロボット制御装置 1 B は、図 2 に示す作業領域設定部 1 0 4 に代えて作業領域設定部 1 0 4 B を備え、ロボット指令生成部 1 0 5 に代えてロボット指令生成部 1 0 5 B を備える。

## 【 0 0 4 6 】

作業領域設定部 1 0 4 B では、作業工程における作業領域に加えて次の作業工程の順番を合わせて記憶しており、現在の作業工程 7 の作業工程に対応した作業領域情報 1 0 4 a の作業領域に加えて次の作業工程に対応した次作業領域情報 1 0 4 b の作業領域を設定して出力し、ロボット指令生成部 1 0 5 B は、作業領域情報 1 0 4 a と、次作業領域情報 1 0 4 b と、ロボット制御状態情報 1 0 2 a とに基づいて、ロボット 2 が次作業領域情報 1 0 4 b の作業領域内には侵入していないが作業領域情報 1 0 4 a の作業領域内に侵入している場合と、ロボット 2 が作業領域情報 1 0 4 a の作業領域内には侵入していないが次作業領域情報 1 0 4 b の作業領域内に侵入している場合と、ロボット 2 が作業領域情報 1 0 4 a 及び次作業領域情報 1 0 4 b のいずれの作業領域内にも侵入していない場合とにより、ロボット 2 への動作指令 1 0 5 a の生成方法を変更する。

## 【 0 0 4 7 】

動作指令 1 0 5 a の生成方法には、ロボット 2 が次作業領域情報 1 0 4 b には侵入していないが作業領域情報 1 0 4 a の作業領域内に侵入している場合には実施の形態 1 における第 2 の制御モードである侵入時制御モードの停止指令をロボット 2 に出力し、ロボット 2 が作業領域情報 1 0 4 a の作業領域内には侵入していないが次作業領域情報 1 0 4 b の作業領域内に侵入している場合にはロボット 2 に実施の形態 2 における第 2 の制御モードである侵入時制御モードの退避指令を出力し、ロボット 2 が作業領域情報 1 0 4 a 及び次作業領域情報 1 0 4 b のいずれの作業領域内にも侵入していない場合には、実施の形態 1 における第 1 の制御モードである非侵入時制御モードの動作指令を出力する方法を例示することができる。

## 【 0 0 4 8 】

図 9 は、本実施の形態においてロボット 2 と作業工程 7 が作業空間を共有して作業を行う作業現場を示す模式的な俯瞰図を示す図である。図 9 は、図 4 に示す作業現場と同様であり、同様の構成については同一符号を付してその説明を省略する。図 9 においては、作業台 6 上に作業対象物 8 2 及び作業対象物 8 3 が配置され、矩形の作業台 6 の一辺に向かい合った作業台 6 1 が設置され、作業台 6 1 上に作業対象物 8 1 及び作業対象物 8 4 が配置されている。ただし、図 9 は、作業現場の一例を示すものであって、作業現場の配置及び作業工程 7 の作業内容はこれに限定されるものではない。

## 【 0 0 4 9 】

図 9 ( a ) から ( c ) の各々では、図 9 ( a ) から ( b ) 、図 9 ( b ) から ( c ) へと、作業工程 7 が作業工程に従って作業を進めている。図 9 ( a ) から ( c ) には、現在の作業工程に対応した現作業工程予定経路 1 2 と、現在の作業工程に対応した現作業領域 1 4 と、次作業工程に対応した次作業工程予定経路 1 3 と、次作業工程に対応した次作業領域 1 5 とが示されている。現作業領域 1 4 及び次作業領域 1 5 は、作業工程 7 が対応する作業を行う際にロボット 2 の侵入を禁止するために使用者により設定される領域である。現作業領域 1 4 及び次作業領域 1 5 は、作業工程 7 が対象作業を繰り返し行う際の作業動作のばらつきを考慮して、作業工程 7 が対象作業を行う間の作業工程 7 の身体占有領域よりも広く設定されることが好ましい。図 9 ( a ) から ( c ) に至る過程で作業工程が変化しているために、図 9 ( a ) における次作業領域 1 5 は図 9 ( b ) における現作業領域 1 4 となり、次作業領域 1 5 は新たに設定される領域である。これは、図 9 ( b ) 及び図 9 ( c ) における現作業領域 1 4 及び次作業領域 1 5 についても同様である。

## 【 0 0 5 0 】

図 9 ( a ) から ( c ) における作業工程は次のように設定されている。まずロボット 2

10

20

30

40

50



703、脊柱部704、臀部705、膝部706、足首部707、肘部708、手首部709、手先部710及び足先部711が設定される。そして、頭部701と頸部702との間に骨部721が設定され、頸部702と肩部703との間に骨部722が設定され、肩部703と脊柱部704との間に骨部723が設定され、脊柱部704と臀部705との間に骨部724が設定され、臀部705と膝部706との間に骨部725が設定され、膝部706と足首部707との間に骨部726が設定され、足首部707と足先部711との間に骨部727が設定され、肩部703と肘部708との間に骨部728が設定され、肘部708と手首部709との間に骨部729が設定され、手首部709と手先部710との間に骨部730が設定されている。

【0056】

図12に示すように作業7の身体が人体骨格モデルで表されることで、作業計測装置4で計測された身体計測点の位置情報4aに基づいて作業7の姿勢を検出することができる。

【0057】

ただし、身体計測点はこれらに限定されるものではなく、作業7の作業内容に応じて、図12に示す身体計測点の一部が選択されてもよいし、図12に示す身体計測点以外の身体計測点が追加されてもよい。

【0058】

また、一般的な現場に設置されている他のセンサ、すなわちマットスイッチ、ライトカーテン、レーザーセンサといった既存のセンサからの信号を、作業7の位置情報4aの精度向上及び作業計測装置4における作業7の位置の検出不可領域の補償を目的として併用してもよい。

【0059】

図13は、図11に示すロボット指令生成部105Cの一構成例を示すブロック図である。図13に示すロボット指令生成部105Cは、図6に示すロボット指令生成部105Aの動作指令出力部107Aに代えて動作指令出力部107Cを備える。動作指令出力部107Cは、作業状態情報101aとロボット制御状態情報102aと作業領域情報104aと侵入判定信号106aと退避動作軌道情報108aとに基づいてロボット2への動作指令105aを出力する。なお、図13では、図6に示す構成と同様の構成については同一符号を付してその説明を省略する。また、本実施の形態においては、退避動作軌道生成部108は設けられていなくてもよい。

【0060】

動作指令出力部107Cは、侵入判定信号106aに基づき、ロボット2が作業領域情報104aの作業領域内に侵入していないと判定した場合には、第1の制御モードである非侵入時制御モードによりロボット2への動作指令105aを出力し、ロボット2が作業領域情報104aの作業領域内に侵入していると判定した場合には、第2の制御モードである侵入時制御モードによりロボット2への動作指令105aを出力する。

【0061】

ここで、動作指令出力部107Cにおける第1の制御モードである非侵入時制御モードでは、実施の形態1の動作指令出力部107の非侵入時制御モードと同様であるため説明を省略する。また、動作指令出力部107Cにおける第2の制御モードである侵入時制御モードでは、動作指令出力部107Aにおける第2の制御モードに対して、作業状態情報101a及びロボット制御状態情報102aに基づいてロボット2の動作速度に制限値が設定される。一例として、現在時刻における作業7とロボット2との最も近い距離に基づいて、両者の距離が近いほどロボット2の動作速度の制限値が低く設定されればよい。又は、最も近い距離における作業7とロボット2の相対速度に基づいて、相対速度が速いほどロボット2の動作速度の制限値が低く設定されていてもよい。

【0062】

本実施の形態によれば、ロボット2が設定された作業7の作業領域情報104aの作業領域内に侵入した際においても、ロボット制御装置1Cは、現在のロボット2と作業

10

20

30

40

50

7 の位置関係をもとに両者の衝突を回避しつつロボット 2 を作業領域情報 1 0 4 a の作業領域外に退避させることが可能である。

【 0 0 6 3 】

実施の形態 5 .

本実施の形態においては、作業状態情報 1 0 1 a が作業領域設定部に入力される形態について説明する。図 1 4 は、本実施の形態にかかるロボット制御装置 1 D の一構成例を示すブロック図である。なお、図 1 4 では、図 1 1 に示す構成と同様の構成については同一符号を付してその説明を省略する。図 1 4 に示すロボット制御装置 1 D は、図 1 1 に示すロボット制御装置 1 C の作業領域設定部 1 0 4 に代えて作業領域設定部 1 0 4 D を備える。

10

【 0 0 6 4 】

図 1 5 は、図 1 4 に示す作業領域設定部 1 0 4 D の一構成例を示すブロック図である。図 1 5 に示す作業領域設定部 1 0 4 D は、作業領域記憶部 1 0 9 と、作業領域修正部 1 1 0 と、作業領域出力部 1 1 1 とを備える。作業領域記憶部 1 0 9 は、予め記憶された作業領域データを修正できるように、作業領域データを複製した修正用作業領域データを記憶し、記憶した修正用作業領域データから、作業工程指定信号 5 a で指定された作業工程 7 の作業工程に対応した修正用作業領域情報 1 0 9 a を出力する。作業領域修正部 1 1 0 は、修正用作業領域情報 1 0 9 a 及び作業状態情報 1 0 1 a を統計的に比較することにより、修正用作業領域情報 1 0 9 a を、実際の作業工程 7 の作業動作で使用される範囲との差が小さくなるように適応した作業領域に修正して修正作業領域情報 1 1 0 a を出力する。作業領域出力部 1 1 1 は、修正作業領域情報を作業領域情報 1 0 4 a として出力する。そして、作業領域記憶部 1 0 9 は、修正作業領域情報 1 1 0 a により対応する修正用作業領域データを修正する。

20

【 0 0 6 5 】

本実施の形態によれば、ロボット制御装置 1 D は、予め設定された作業工程 7 の作業領域情報 1 0 4 a の作業領域を作業工程 7 の実際の作業動作で計測された作業状態情報 1 0 1 a により修正する。そのため、作業領域情報 1 0 4 a の作業領域を作業工程毎に異なる作業時の動作軌道又は動作範囲に合わせて再設定することが可能である。

【 0 0 6 6 】

実施の形態 6 .

本実施の形態においては、動作指令 1 0 5 a がロボット制御状態計測部に入力される形態について説明する。図 1 6 は、本実施の形態にかかるロボット制御装置 1 E の一構成例を示すブロック図である。図 1 6 に示すロボット制御装置 1 E は、図 2 に示すロボット制御装置 1 のロボット制御状態計測部 1 0 2 に代えてロボット制御状態計測部 1 0 2 E を備える。ロボット制御状態計測部 1 0 2 E には、ロボット関節角信号 3 a に代えて動作指令 1 0 5 a が入力される。

30

【 0 0 6 7 】

本実施の形態によれば、ロボットシステムからロボット関節角度計測装置 3 を除くことができ、小型化及び低コスト化が可能である。

【 0 0 6 8 】

以上の実施の形態に示した構成は、本発明の内容の一例を示すものであり、別の公知の技術と組み合わせることも可能であるし、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、構成の一部を省略、変更することも可能である。

40

【 符号の説明 】

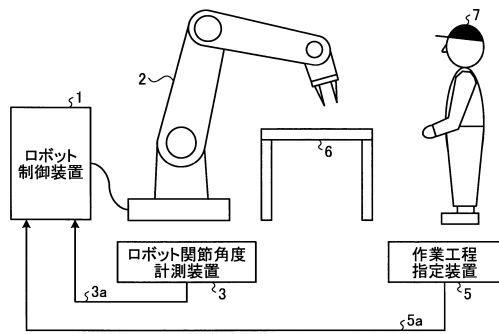
【 0 0 6 9 】

1, 1 A, 1 B, 1 C, 1 D, 1 E ロボット制御装置、2 ロボット、3 ロボット関節角度計測装置、3 a ロボット関節角信号、4 作業工程計測装置、4 a 位置情報、5 作業工程指定装置、5 a 作業工程指定信号、6, 6 1 作業台、7 作業工程、1 0 安全柵、1 1 侵入検知装置、1 2 現作業工程予定経路、1 3 次作業工程予定経路、1 4 現作業領域、1 5 次作業領域、8 1, 8 2, 8 3, 8 4, 8 5 作業対象物、

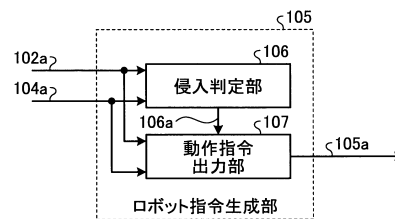
50

101 作業者計測部、101a 作業者状態情報、102, 102E ロボット制御状態計測部、102a ロボット制御状態情報、104, 104B, 104D 作業領域設定部、104a 作業領域情報、104b 次作業領域情報、105, 105A, 105B, 105C ロボット指令生成部、105a 動作指令、106 侵入判定部、106a 侵入判定信号、107, 107A, 107C 動作指令出力部、108 退避動作軌道生成部、108a 退避動作軌道情報、109 作業領域記憶部、109a 修正用作業領域情報、110 作業領域修正部、110a 修正作業領域情報、111 作業領域出力部、701 頭部、702 頸部、703 肩部、704 脊柱部、705 臀部、706 膝部、707 足首部、708 肘部、709 手首部、710 手先部、711 足先部、721, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 730 骨部。

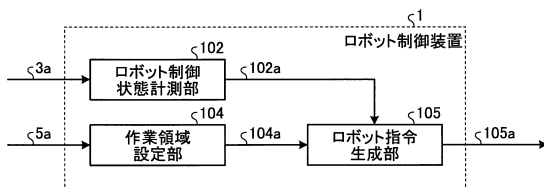
【図1】



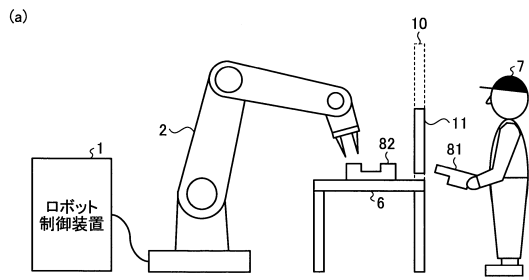
【図3】



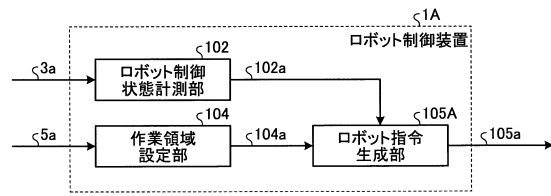
【図2】



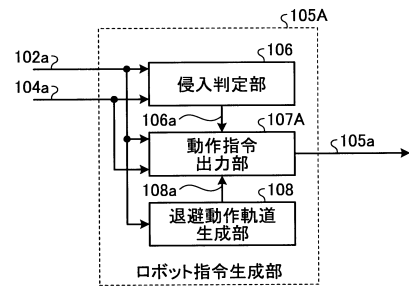
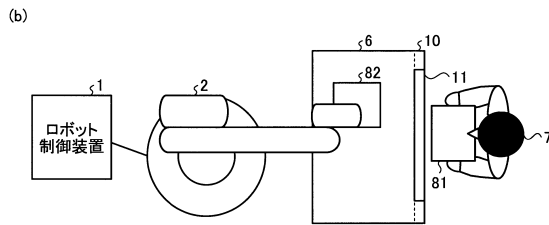
【図4】



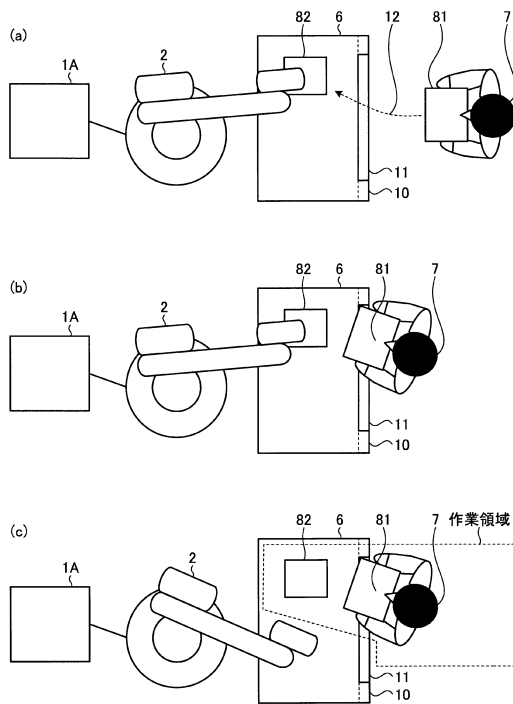
【図5】



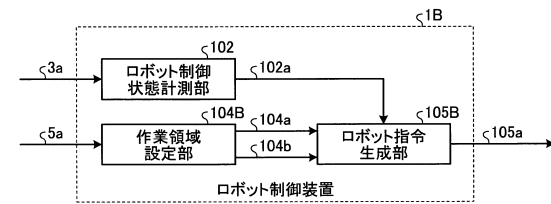
【図6】



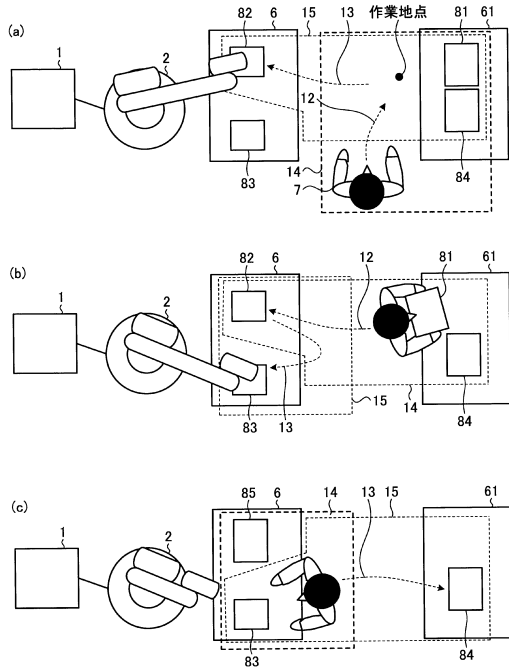
【図7】



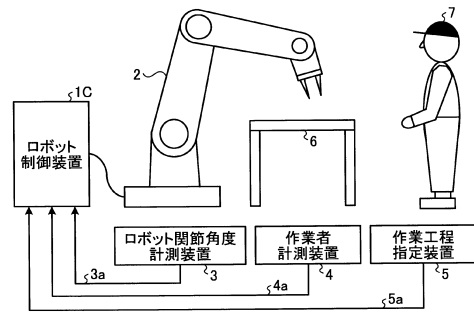
【図8】



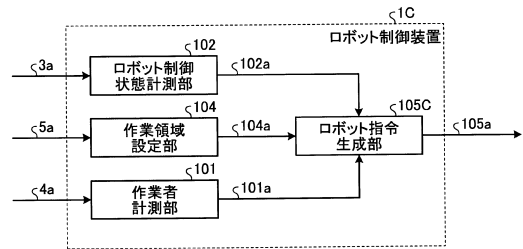
【図9】



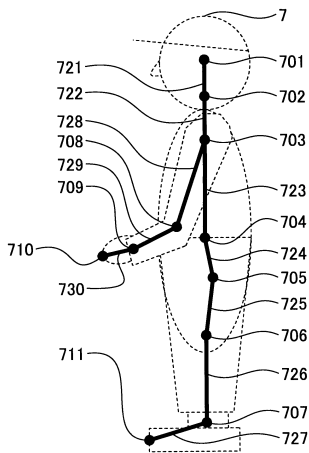
【図10】



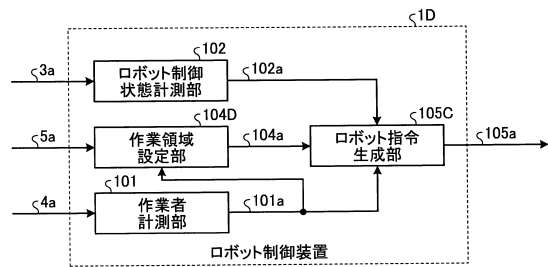
【図11】



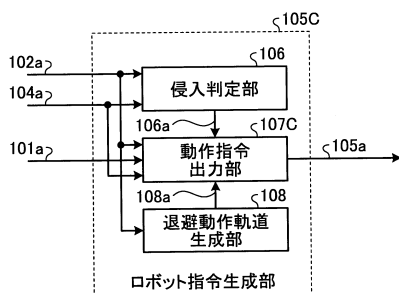
【図12】



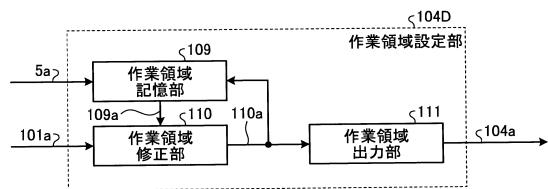
【図14】



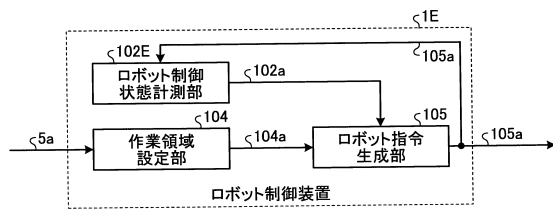
【図13】



【図15】



【図16】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特許第4219870(JP, B2)  
特開2007-283450(JP, A)  
特開2015-230621(JP, A)  
特開2014-94436(JP, A)  
特開2010-188515(JP, A)  
特開2004-243427(JP, A)  
独国特許出願公開第102012108716(DE, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
B25J 1/00 - 21/02