

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7512432号
(P7512432)

(45)発行日 令和6年7月8日(2024.7.8)

(24)登録日 令和6年6月28日(2024.6.28)

(51)国際特許分類		F I		
B 2 5 J	9/06 (2006.01)	B 2 5 J	9/06	A
B 2 5 J	13/00 (2006.01)	B 2 5 J	13/00	Z
B 2 5 J	19/00 (2006.01)	B 2 5 J	19/00	Z
B 2 5 J	9/16 (2006.01)	B 2 5 J	19/00	C
		B 2 5 J	9/16	
請求項の数 10 (全33頁)				
(21)出願番号 特願2022-571407(P2022-571407)		(73)特許権者 000000974		
(86)(22)出願日 令和3年12月17日(2021.12.17)		川崎重工業株式会社		
(86)国際出願番号 PCT/JP2021/046801		兵庫県神戸市中央区東川崎町 3 丁目 1 番		
(87)国際公開番号 WO2022/138502		1 号		
(87)国際公開日 令和4年6月30日(2022.6.30)		(74)代理人 110000556		
審査請求日 令和5年5月29日(2023.5.29)		弁理士法人有古特許事務所		
(31)優先権主張番号 特願2020-211593(P2020-211593)		(72)発明者 藤澤 真一		
(32)優先日 令和2年12月21日(2020.12.21)		兵庫県神戸市中央区東川崎町 3 丁目 1 番		
(33)優先権主張国・地域又は機関 日本国(JP)		1 号 川崎重工業株式会社内		
(31)優先権主張番号 特願2020-211594(P2020-211594)		(72)発明者 伊藤 順二		
(32)優先日 令和2年12月21日(2020.12.21)		兵庫県神戸市中央区東川崎町 3 丁目 1 番		
(33)優先権主張国・地域又は機関 日本国(JP)		1 号 川崎重工業株式会社内		
		審査官 松浦 陽		
最終頁に続く				

(54)【発明の名称】 ロボットシステム及び受動アーム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

対象物に作用を加えるロボットエンドエフェクタとロボット連結部とを含むロボットアームと、
2 つ以上の自由度を有する受動アームであって、前記 2 つ以上の自由度を形成し且つ前記受動アームに外力が付与されることによって動作する 2 つ以上の受動可動部と、前記ロボット連結部と連結及び連結解除されるアーム連結部と、前記対象物と係合可能である係合部とを含み、前記アーム連結部と連結されている前記ロボットアームによって動作させられる受動アームと、
前記ロボットアームの第 1 動作及び第 2 動作を制御する制御装置とを備え、
前記 2 つ以上の受動可動部は、進退動作可能である進退可動部と、回動動作可能である第 1 回動可動部及び第 2 回動可動部とを含み、
前記受動アームは、
前記進退可動部と連結される第 1 リンクと、
前記進退可動部及び前記第 1 回動可動部を連結する第 2 リンクと、
前記第 1 回動可動部及び前記第 2 回動可動部を連結する第 3 リンクと、
前記第 2 回動可動部と連結される第 4 リンクとをさらに含み、
前記第 1 リンクは前記受動アームの基端側に位置し、
前記第 4 リンクは前記受動アームの先端側に位置し、
前記第 1 回動可動部の回動軸方向及び前記第 2 回動可動部の回動軸方向は、同方向であり、

前記進退可動部の進退方向は、前記第 1 回動可動部の回動軸方向及び前記第 2 回動可動部の回動軸方向と交差する方向であり、

前記第 1 動作は、前記ロボットアームが前記対象物に前記ロボットエンドエフェクタを作用させる前記ロボットアームの動作であり、

前記第 2 動作は、前記ロボットアームが前記対象物に前記受動アームを作用させる前記ロボットアームの動作であり、

前記制御装置は、前記第 2 動作では、前記ロボットアームに前記ロボット連結部と前記アーム連結部とを連結させることと、前記ロボットアームに前記受動アームを動作させて前記対象物に前記係合部を係合させることと、前記ロボットアームに前記対象物と係合した前記受動アームを動作させて前記対象物に動作させることとを実行するように構成されるロボットシステム。

【請求項 2】

前記受動アームは、
前記受動可動部の動作の係止を、作動流体の作用によって行う 2 つ以上の係止装置を含み、

前記係止装置は、前記受動可動部の動作の係止を実行及び解除することによって、前記受動アームに姿勢の保持及び保持解除をさせ、

前記係止装置は、前記作動流体が供給されている間、前記係止を解除し、前記作動流体が供給停止されている間、前記係止を実行し、

前記制御装置は、前記係止装置への前記作動流体の供給及び供給停止を制御するように構成される

請求項 1 に記載のロボットシステム。

【請求項 3】

前記受動アーム及び前記ロボットアームのいずれか又は両方に配置され且つ前記アーム連結部と前記ロボット連結部との連結を検出する第 1 センサと、

前記受動アームに配置され且つ所定の方向に存在する物体を検出する第 2 センサとをさらに備え、

前記制御装置は、

前記第 1 センサから受け取る検知信号に基づき、前記ロボット連結部と前記アーム連結部との連結及び連結解除のための前記ロボットアームの動作を制御し、

前記第 2 センサから受け取る検知信号に基づき、前記係合部の係合対象部と前記係合部とを係合させる前記ロボットアームの動作を制御する

請求項 1 又は 2 に記載のロボットシステム。

【請求項 4】

前記受動アームの位置を移動させるアーム移動装置と、

前記ロボットアームの位置を移動させるロボット移動装置とをさらに備え、

前記制御装置は、前記アーム移動装置及び前記ロボット移動装置の動作を制御するように構成され、

前記制御装置は、前記対象物の情報に基づき、前記対象物に対応する位置に前記受動アームを移動させるように前記アーム移動装置の動作を制御し、前記対象物に対応する位置に前記ロボットアームを移動させるように前記ロボット移動装置の動作を制御する

請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載のロボットシステム。

【請求項 5】

2 つ以上の前記ロボットアームと、

2 つ以上の自由度を有する第 1 受動アームであって、前記ロボット連結部と連結及び連結解除される第 1 受動アーム連結部と、前記対象物と係合可能である第 1 受動アーム係合部とを含み、前記第 1 受動アーム連結部と連結されている前記ロボットアームによって動作させられ、前記対象物に含まれ且つ側方に開閉動作可能である第 1 開閉体を開閉する第 1 受動アームと、

前記対象物に含まれ且つ上下方向に開閉動作可能である第 2 開閉体を開閉する前記受動

10

20

30

40

50

アームである第 2 受動アームと、

前記第 1 受動アームの位置を移動させる第 1 アーム移動装置と、

前記第 2 受動アームの位置を移動させる第 2 アーム移動装置とをさらに備え、

前記第 1 受動アーム係合部は、前記第 1 開閉体に係合可能であり、

前記第 2 受動アームの前記係合部は、前記第 2 開閉体に係合可能であり、

前記制御装置は、

前記対象物の情報に基づき、前記対象物に対応する位置に前記第 1 受動アーム及び前記第 2 受動アームを移動させるように前記第 1 アーム移動装置及び前記第 2 アーム移動装置の動作を制御し、

前記第 1 受動アーム及び前記第 2 受動アームに対する前記ロボットアームの前記第 2 動作を制御するように構成される

10

請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載のロボットシステム。

【請求項 6】

前記アーム連結部は、前記ロボット連結部と互いに対して回動可能に連結される

請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載のロボットシステム。

【請求項 7】

前記アーム連結部が前記ロボット連結部と連結された状態での前記アーム連結部及び前記ロボット連結部の回動軸方向は、前記第 1 回動可動部及び前記第 2 回動可動部の回動軸方向に沿う方向である

請求項 6 に記載のロボットシステム。

20

【請求項 8】

前記第 3 リンクは平行リンクであり、

前記第 3 リンクは、

前記第 1 回動可動部及び前記第 2 回動可動部を連結する第 1 部材と、

前記第 1 部材に沿って延び且つ一端で前記第 2 リンクに回動可能に連結される第 2 部材と、

一端で前記第 2 部材の他端と回動可能に連結され且つ他端で前記第 4 リンクと一体に回動するように前記第 2 回動可動部と連結される第 3 部材とを含む

請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載のロボットシステム。

【請求項 9】

30

前記受動アームは、前記第 4 リンクの先端に連結され且つ前記対象物に対して作用を加えるように構成されるアームエンドエフェクタを、前記係合部として含み、

前記アーム連結部は、前記アームエンドエフェクタ又は前記第 4 リンクに配置され、

前記アームエンドエフェクタは、

前記第 4 リンクが延びる方向と交差する方向に延びる延出部と、

前記アームエンドエフェクタから前記第 4 リンクに向かう方向に前記延出部の先端から突出し且つ前記対象物の窪み又は開口に係合可能である突出部とを含む

請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載のロボットシステム。

【請求項 10】

アーム本体と、

40

前記アーム本体に配置されるアーム連結部であって、自身で駆動可能であり且つ対象物に作用を加えるロボットエンドエフェクタとロボット連結部とを含む、ロボットアームの前記ロボット連結部との連結及び連結解除が自在な形状を有するアーム連結部とを備え、

前記アーム本体は、

前記アーム本体に 2 つ以上の自由度を与え且つ前記アーム本体に外力が付与されることによって動作する 2 つ以上の受動可動部であって、進退動作可能である進退可動部と、回動動作可能である第 1 回動可動部及び第 2 回動可動部とを含む 2 つ以上の受動可動部と、前記進退可動部と連結される第 1 リンクと、

前記進退可動部及び前記第 1 回動可動部を連結する第 2 リンクと、

前記第 1 回動可動部及び前記第 2 回動可動部を連結する第 3 リンクと、

50

前記第 2 回動可動部と連結される第 4 リンクとを含み、
前記第 1 リンクは前記アーム本体の基端側に位置し、
前記第 4 リンクは前記アーム本体の先端側に位置し、
前記第 1 回動可動部の回動軸方向及び前記第 2 回動可動部の回動軸方向は、同方向であり、
前記進退可動部の進退方向は、前記第 1 回動可動部の回動軸方向及び前記第 2 回動可動部
の回動軸方向と交差する方向であり、

前記アーム連結部は、前記ロボット連結部と連結された状態で前記アーム本体と前記ロボットアームとの相対的な回動を可能にする

受動アーム。

【発明の詳細な説明】

10

【関連出願への相互参照】

【0001】

本件出願は、2020年12月21日に日本特許庁に出願された特願2020-211593号及び特願2020-211594号の優先権及びその利益を主張するものであり、それらの全体を参照することにより本件出願の一部をなすものとして引用する。

【技術分野】

【0002】

本開示は、ロボットシステム、制御方法及び受動アームに関する。

【背景技術】

【0003】

20

近年、ロボットは、様々な用途に用いられる。例えば、特開2013-31890号公報は、車体の塗装システムを開示する。塗装システムは、車体のドアの開閉とドア開放状態の保持とを行うドア開閉用ロボットと、車体のドア内部を塗装することができる塗装用ロボットとを備える。

【発明の概要】

【0004】

特開2013-31890号公報の塗装システムにおいて、塗装用ロボット及びドア開閉用ロボットはいずれも、自身で動作することができる能動アームを含む。2種類の作業それぞれのために能動アームが設けられるため、コストが上昇する。

【0005】

30

本開示は、コスト低減を可能にするロボットシステム、制御方法及び受動アームを提供することを目的とする。

【0006】

本開示の一態様に係るロボットシステムは、ロボットアームと、2つ以上の自由度を有し且つ前記ロボットアームと連結及び連結解除される受動アームであって、対象物と係合可能である係合部を有し、前記受動アームと連結されている前記ロボットアームによって動作させられる受動アームと、前記ロボットアームの第1動作及び第2動作を制御する制御装置とを備え、前記第1動作は、前記ロボットアームが前記対象物に作用する前記ロボットアームの動作であり、前記第2動作は、前記ロボットアームが前記対象物に前記受動アームを作用させる前記ロボットアームの動作であり、前記制御装置は、前記第2動作では、前記ロボットアームと前記受動アームとを連結させることと、前記ロボットアームに前記受動アームを動作させて前記対象物に前記係合部を係合させることと、前記ロボットアームに前記対象物と係合した前記受動アームを動作させて前記対象物に動作させることとを実行するように構成される。

40

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】図1は、実施の形態に係るロボットシステムの構成の一例を示す斜視図である。

【図2】図2は、実施の形態に係るロボットシステムの構成の一例を示す斜視図である。

【図3】図3は、実施の形態に係る第1塗装ロボットの構成の一例を示す斜視図である。

【図4】図4は、実施の形態に係る第2塗装ロボットの構成の一例を示す斜視図である。

50

【図 5】図 5 は、第 1 受動アームの構成の一例を示す側面図である。

【図 6】図 6 は、第 1 受動アームの構成の一例を示す上面図である。

【図 7】図 7 は、第 2 受動アームの構成の一例を示す正面図である。

【図 8】図 8 は、第 2 受動アームの構成の一例を示す側面図である。

【図 9】図 9 は、実施の形態に係る第 1 から第 3 制御装置及びその周辺の構成の一例を示すブロック図である。

【図 10】図 10 は、実施の形態に係る第 1 及び第 2 制御装置の機能的構成の一例を示すブロック図である。

【図 11】図 11 は、実施の形態に係るロボットシステムの開動作の一例を示すフローチャートである。

【図 12】図 12 は、実施の形態に係るロボットシステムの閉動作の一例を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0008】

以下において、本開示の例示的な実施の形態を、図面を参照しつつ説明する。以下で説明する実施の形態は、いずれも包括的又は具体的な例を示すものである。以下の実施の形態における構成要素のうち、最上位概念を示す独立請求項に記載されていない構成要素については、任意の構成要素として説明される。添付の図面における各図は、模式的な図であり、必ずしも厳密に図示されたものでない。各図において、実質的に同一の構成要素に対しては同一の符号を付しており、重複する説明は省略又は簡略化される場合がある。本明細書及び請求項では、「装置」とは、1つの装置を意味し得るだけでなく、複数の装置からなるシステムも意味し得る。

【0009】

[ロボットシステムの構成]

図 1 及び図 2 を参照しつつ、例示的な実施の形態に係るロボットシステム 1 の構成の一例を説明する。図 1 及び図 2 は、実施の形態に係るロボットシステム 1 の構成の一例を示す斜視図である。本実施の形態では、ロボットシステム 1 は、自動車の製造工場において車体 V B の塗装作業を行うためのシステムであるとして、以下の説明を行う。しかしながら、ロボットシステム 1 の用途は塗装作業に限定されない。車体 V B は対象物の一例である。

【0010】

ロボットシステム 1 は、塗装エリア P A に配置される。塗装エリア P A は、壁及び天井等により囲まれている。塗装エリア P A には、塗装を受ける車体 V B を方向 D 1 A に搬送するための塗装ライン装置 P L が配置されている。方向 D 1 A は、塗装エリア P A の床面に沿う方向であり、例えば、水平方向である。塗装ライン装置 P L の構成は特に限定されず、既知の構成であってもよい。塗装ライン装置 P L の例として、コンベヤにより車体 V B を搬送する装置、及び、軌道に沿って車体 V B を搬送する装置等がある。

【0011】

ロボットシステム 1 は、1つ以上の第 1 受動アーム 100 と、1つ以上の第 2 受動アーム 200 と、1つ以上の第 1 塗装ロボット 300 A と、1つ以上の第 2 塗装ロボット 300 B と、1つ以上の第 1 受動アーム 100 それぞれの移動装置 410 と、1つ以上の第 2 受動アーム 200 それぞれの移動装置 420 と、1つ以上の第 1 塗装ロボット 300 A それぞれの移動装置 430 と、1つ以上の第 2 塗装ロボット 300 B それぞれの移動装置 440 と、制御装置 500 A から 500 C とを含む。

【0012】

1つ以上の第 1 受動アーム 100 と、1つ以上の第 2 受動アーム 200 と、1つ以上の第 1 塗装ロボット 300 A と、1つ以上の第 2 塗装ロボット 300 B と、移動装置 410 から 440 とは、同じ塗装エリア P A に配置され、同じ車体 V B に塗装に関連する作業を行うことができる。図面表示の便宜上、上記構成要素は、図 1 と図 2 とに分けて示されている。図 1 では、1つ以上の第 1 受動アーム 100、1つ以上の第 1 塗装ロボット 300

10

20

30

40

50

A、並びに移動装置 4 1 0 及び 4 3 0 が描かれ、図 2 では、1 つ以上の第 2 受動アーム 2 0 0、1 つ以上の第 2 塗装ロボット 3 0 0 B、並びに移動装置 4 2 0 及び 4 4 0 が描かれている。本実施の形態では、上記構成要素は、同じ空間に配置される。

【 0 0 1 3 】

図 1 には示されていないが、本実施の形態では、2 つの第 1 受動アーム 1 0 0 が、塗装ライン装置 P L に対して側方向 D 2 A 及び D 2 B それぞれに配置され、2 つの第 1 塗装ロボット 3 0 0 A が、塗装ライン装置 P L に対して側方向 D 2 A 及び D 2 B それぞれに配置される。第 1 受動アーム 1 0 0 はそれぞれ、塗装エリア P A の床面上に配置され、第 1 塗装ロボット 3 0 0 A はそれぞれ、塗装エリア P A の壁面上に配置される。第 1 塗装ロボット 3 0 0 A は、第 1 受動アーム 1 0 0 を用いて、車体 V B のドア V D 及びドア V D の内側の部分を塗装することができる。ドア V D は第 1 開閉体の一例である。

10

【 0 0 1 4 】

方向 D 2 A 及び D 2 B は、互いに反対方向である。方向 D 2 A 及び D 2 B は、方向 D 1 A 及び D 1 B に垂直であり且つ塗装エリア P A の床面に沿う方向であり、例えば、水平方向である。方向 D 3 A 及び D 3 B は、互いに反対方向である。方向 D 3 A 及び D 3 B は、方向 D 1 A、D 1 B、D 2 A 及び D 2 B に垂直であり且つ塗装エリア P A の床面に垂直な方向であり、例えば、鉛直方向である。方向 D 3 A は上向きの方であり、方向 D 3 B は下向きの方である。

【 0 0 1 5 】

本実施の形態では、1 つの第 2 受動アーム 2 0 0 が、塗装ライン装置 P L に対して方向 D 2 B に配置され、1 つの第 2 塗装ロボット 3 0 0 B が、塗装ライン装置 P L に対して方向 D 2 A に配置される。第 2 受動アーム 2 0 0 は、塗装エリア P A の壁面上に配置され、第 2 塗装ロボット 3 0 0 B は、塗装エリア P A の床面上に配置される。第 2 塗装ロボット 3 0 0 B は、第 2 受動アーム 2 0 0 を用いて、車体 V B のフロントフード V F、フロントフード V F の内側の部分、リヤゲート V G 及びリヤゲート V G の内側の部分を塗装することができる。リヤゲート V G は、リヤトランクフード等も含み得る。フロントフード V F 及びリヤゲート V G は第 2 開閉体の一例である。

20

【 0 0 1 6 】

第 1 塗装ロボット 3 0 0 A は、移動装置 4 3 0 を介して塗装エリア P A の壁面に取り付けられる。移動装置 4 3 0 は、塗装エリア P A の壁面に取り付けられ、方向 D 1 A に延びる。移動装置 4 3 0 は、第 1 塗装ロボット 3 0 0 A を支持する支持台 4 3 1 と、支持台 4 3 1 を移動させる移動駆動装置 4 3 2 とを備える。移動装置 4 3 0 は、第 1 塗装ロボット 3 0 0 A と共に支持台 4 3 1 を方向 D 1 A 及び D 1 B に移動させることができる。

30

【 0 0 1 7 】

第 1 受動アーム 1 0 0 は、移動装置 4 1 0 を介して塗装エリア P A の床面に取り付けられる。移動装置 4 1 0 は、塗装エリア P A の床面に取り付けられ、方向 D 1 A に延びる。移動装置 4 1 0 は、移動装置 4 3 0 の下方に配置される。移動装置 4 1 0 は、第 1 受動アーム 1 0 0 を支持する支持台 4 1 1 と、支持台 4 1 1 を移動させる移動駆動装置 4 1 2 とを備える。移動装置 4 1 0 は、第 1 受動アーム 1 0 0 と共に支持台 4 1 1 を方向 D 1 A 及び D 1 B に移動させることができる。

40

【 0 0 1 8 】

第 2 塗装ロボット 3 0 0 B は、移動装置 4 4 0 を介して塗装エリア P A の床面に取り付けられる。移動装置 4 4 0 は、塗装エリア P A の床面に取り付けられ、方向 D 1 A に延びる。移動装置 4 4 0 は、第 2 塗装ロボット 3 0 0 B を支持する支持台 4 4 1 と、支持台 4 4 1 を移動させる移動駆動装置 4 4 2 とを備える。移動装置 4 4 0 は、第 2 塗装ロボット 3 0 0 B と共に支持台 4 4 1 を方向 D 1 A 及び D 1 B に移動させることができる。

【 0 0 1 9 】

第 2 受動アーム 2 0 0 は、移動装置 4 2 0 を介して塗装エリア P A の壁面に取り付けられる。移動装置 4 2 0 は、塗装エリア P A の壁面に取り付けられ、方向 D 1 A に延びる。移動装置 4 2 0 は、移動装置 4 4 0 から方向 D 2 B の位置で、移動装置 4 4 0 と対向する

50

ように配置される。移動装置 4 2 0 は、第 2 受動アーム 2 0 0 を支持する支持台 4 2 1 と、支持台 4 2 1 を移動させる移動駆動装置 4 2 2 とを備える。移動装置 4 2 0 は、第 2 受動アーム 2 0 0 と共に支持台 4 2 1 を方向 D 1 A 及び D 1 B に移動させることができる。

【 0 0 2 0 】

移動装置 4 1 0 から 4 4 0 の構成は特に限定されず、例えば、既知の構成であってもよい。限定されないが、本実施の形態では、移動装置 4 1 0 から 4 4 0 はそれぞれ、方向 D 1 A に延びる 2 つの軌道上で支持台 4 1 1 から 4 4 1 を移動させる軌道式の移動装置である。移動駆動装置 4 1 2 から 4 4 2 は、電力を動力源とし、電気モータとしてサーボモータを含む。例えば、移動駆動装置 4 1 2 から 4 4 2 は、サーボモータによって回転駆動され且つ回転することによって支持台 4 1 1 から 4 4 1 を移動させる回転体を含んでもよい。例えば、回転体は、軌道上で支持台 4 1 1 から 4 4 1 と共に走行するローラ又はギヤ、支持台 4 1 1 から 4 4 1 と接続されたチェーン又はベルトを駆動するローラ、支持台 4 1 1 から 4 4 1 と接続されたボールねじ等であってもよい。

10

【 0 0 2 1 】

第 1 制御装置 5 0 0 A は、第 1 塗装ロボット 3 0 0 A、第 1 受動アーム 1 0 0 並びに移動装置 4 1 0 及び 4 3 0 等の動作を制御するように構成される。限定されないが、本実施の形態では、第 1 制御装置 5 0 0 A は、第 1 塗装ロボット 3 0 0 A 及び第 1 受動アーム 1 0 0 の 1 つのペアとこれらの移動装置 4 1 0 及び 4 3 0 とを制御するように構成される。上記ペアのそれぞれに、第 1 制御装置 5 0 0 A が設けられる。第 2 制御装置 5 0 0 B は、第 2 塗装ロボット 3 0 0 B、第 2 受動アーム 2 0 0 並びに移動装置 4 2 0 及び 4 4 0 等の動作を制御するように構成される。限定されないが、本実施の形態では、第 2 制御装置 5 0 0 B は、第 2 塗装ロボット 3 0 0 B 及び第 2 受動アーム 2 0 0 の 1 つのペアとこれらの移動装置 4 2 0 及び 4 4 0 とを制御するように構成される。第 3 制御装置 5 0 0 C は、第 1 制御装置 5 0 0 A と、第 2 制御装置 5 0 0 B と、塗装ライン装置 P L の制御装置 C P L とを互いに連携させて動作させる制御をするように構成される。

20

【 0 0 2 2 】

[塗装ロボットの構成]

図 3 及び図 4 を参照しつつ、塗装ロボット 3 0 0 A 及び 3 0 0 B の構成の一例を説明する。図 3 は、実施の形態に係る第 1 塗装ロボット 3 0 0 A の構成の一例を示す斜視図である。図 4 は、実施の形態に係る第 2 塗装ロボット 3 0 0 B の構成の一例を示す斜視図である。第 1 塗装ロボット 3 0 0 A は、ロボットアーム 3 1 0 A と、ロボットアーム 3 1 0 A の先端に取り付けられるエンドエフェクタ 3 2 0 A とを備える。第 2 塗装ロボット 3 0 0 B は、ロボットアーム 3 1 0 B と、ロボットアーム 3 1 0 B の先端に取り付けられるエンドエフェクタ 3 2 0 B とを備える。

30

【 0 0 2 3 】

ロボットアーム 3 1 0 A 及び 3 1 0 B はそれぞれ、エンドエフェクタ 3 2 0 A 及び 3 2 0 B の位置及び姿勢を自在に移動させることができる。ロボットアーム 3 1 0 A 及び 3 1 0 B は、自身で駆動することができる能動アームである。エンドエフェクタ 3 2 0 A 及び 3 2 0 B は、対象物に対して作用を加えることができる構成を有し、本実施の形態では、対象物に塗料を吹き付けることができる。

40

【 0 0 2 4 】

限定されないが、本実施の形態では、ロボットアーム 3 1 0 A 及び 3 1 0 B は、6 つの自由度を有する 6 軸垂直多関節型のアームである。本実施の形態では、ロボットアーム 3 1 0 A 及び 3 1 0 B の構成は異なっているが、同じであってもよい。

【 0 0 2 5 】

ロボットアーム 3 1 0 A は、基台 3 1 7 A と、6 つのリンク 3 1 1 A から 3 1 6 A と、6 つの回転関節 J T A 1 から J T A 6 と、アーム駆動装置 M A 1 から M A 6 とを備える。基台 3 1 7 A は、移動装置 4 3 0 の支持台 4 3 1 に固定される。回転関節 J T A 1 から J T A 6 は、基台 3 1 7 A 及びリンク 3 1 1 A から 3 1 6 A を相対回転可能に接続する。リンク 3 1 6 A の先端部は、メカニカルインタフェースを含み、エンドエフェクタ 3 2 0 A

50

と接続されることができる。アーム駆動装置 M A 1 から M A 6 はそれぞれ、回転関節 J T A 1 から J T A 6 を回転駆動する。アーム駆動装置 M A 1 から M A 6 は、電力を動力源とし、本実施の形態では、電気モータとしてサーボモータを含む。アーム駆動装置 M A 1 から M A 6 は、図 9 に示される。

【 0 0 2 6 】

ロボットアーム 3 1 0 B は、基台 3 1 7 B と、6 つのリンク 3 1 1 B から 3 1 6 B と、6 つの回転関節 J T B 1 から J T B 6 と、アーム駆動装置 M B 1 から M B 6 とを備える。基台 3 1 7 B は、移動装置 4 4 0 の支持台 4 4 1 に固定される。回転関節 J T B 1 から J T B 6 は、基台 3 1 7 B 及びリンク 3 1 1 B から 3 1 6 B を相対回転可能に接続する。リンク 3 1 6 B の先端部は、メカニカルインタフェースを含み、エンドエフェクタ 3 2 0 B と接続されることができる。アーム駆動装置 M B 1 から M B 6 はそれぞれ、回転関節 J T B 1 から J T B 6 を回転駆動する。アーム駆動装置 M B 1 から M B 6 は、電力を動力源とし、本実施の形態では、電気モータとしてサーボモータを含む。アーム駆動装置 M B 1 から M B 6 は、図 9 に示される。

10

【 0 0 2 7 】

エンドエフェクタ 3 2 0 A 及び 3 2 0 B はそれぞれ、塗料を噴射可能である塗装ガン 3 2 1 A 及び 3 2 1 B を備える。塗装ガン 3 2 1 A 及び 3 2 1 B はそれぞれ、ロボットアーム 3 1 0 A 又は 3 1 0 B に沿って延びる複数の配管と接続されており、複数の配管は、塗料タンク及び空気供給装置 6 0 0 と接続される。空気供給装置 6 0 0 は、加圧空気を発生することができる装置であり、例えば、空気を圧縮して吐出するエアコンプレッサ等であってもよい。空気供給装置 6 0 0 は、図 9 に示される。

20

【 0 0 2 8 】

塗装ガン 3 2 1 A と空気供給装置 6 0 0 とを連通する配管には、当該配管を連通及び遮断する開閉弁 6 0 1 A が配置される。本実施の形態では、開閉弁 6 0 1 A は、エンドエフェクタ 3 2 0 A に配置されるが、他の場所に配置されてもよい。塗装ガン 3 2 1 B と空気供給装置 6 0 0 とを連通する配管には、当該配管を連通及び遮断する開閉弁 6 0 1 B が配置される。本実施の形態では、開閉弁 6 0 1 B は、エンドエフェクタ 3 2 0 B に配置されるが、他の場所に配置されてもよい。開閉弁 6 0 1 A 及び 6 0 1 B は、図 9 に示され、例えば電磁弁であってもよい。開閉弁 6 0 1 A の動作は第 1 制御装置 5 0 0 A によって制御され、開閉弁 6 0 1 B の動作は第 2 制御装置 5 0 0 B によって制御される。空気供給装置 6 0 0 が発生する加圧空気によって、塗料タンク内の塗料が塗装ガン 3 2 1 A 及び 3 2 1 B に送られ、塗装ガン 3 2 1 A 及び 3 2 1 B から噴射する。塗料タンク及び空気供給装置 6 0 0 は、ロボットアーム 3 1 0 A 及び 3 1 0 B とは別に配置される。

30

【 0 0 2 9 】

エンドエフェクタ 3 2 0 A 及び 3 2 0 B はそれぞれ、ロボット連結体 3 2 2 A 及び 3 2 2 B をさらに備える。ロボット連結体 3 2 2 A は、第 1 受動アーム 1 0 0 の先端部と連結することができる。限定されないが、本実施の形態では、ロボット連結体 3 2 2 A は、屈曲した棒状体である。ロボット連結体 3 2 2 A は、エンドエフェクタ 3 2 0 A から側方に突出するように延びて屈曲した後、塗装ガン 3 2 1 A の噴射孔の開口方向に沿って延びる。

【 0 0 3 0 】

40

ロボット連結体 3 2 2 B は、第 2 受動アーム 2 0 0 の先端部と連結することができる。限定されないが、本実施の形態では、ロボット連結体 3 2 2 B は、棒状体であり、エンドエフェクタ 3 2 0 B から側方に突出するように延びる。

【 0 0 3 1 】

塗装ロボット 3 0 0 A 及び 3 0 0 B の構成は、上記構成に限定されない。例えば、ロボットアーム 3 1 0 A 及び 3 1 0 B の関節の数量は、6 つに限定されず、5 つ以下又は 7 つ以上であってもよい。ロボットアーム 3 1 0 A 及び 3 1 0 B の型式も、垂直多関節型に限定されず、他の型式であってもよい。ロボットアーム 3 1 0 A 及び 3 1 0 B はそれぞれ、ロボット連結体 3 2 2 A 及び 3 2 2 B を受動アーム 1 0 0 及び 2 0 0 の先端部に連結させ、受動アーム 1 0 0 及び 2 0 0 を動作させることができればよい。

50

【 0 0 3 2 】

〔 第 1 受動アームの構成 〕

図 5 及び図 6 を参照しつつ、第 1 受動アーム 1 0 0 の構成の一例を説明する。図 5 及び図 6 はそれぞれ、第 1 受動アーム 1 0 0 の構成の一例を示す側面図及び上面図である。図 5 及び図 6 において、図面表示の便宜上、部材の内部に配置される要素も実線で表示される。

【 0 0 3 3 】

第 1 受動アーム 1 0 0 は、アーム本体 1 1 0 と、アーム本体 1 1 0 の先端に連結されるエンドエフェクタ 1 2 0 とを備える。アーム本体 1 1 0 は、2 つ以上の自由度で動作でき、本実施の形態では、3 自由度で動作できる。エンドエフェクタ 1 2 0 は、対象物に作用を加えることができる構成を有する。エンドエフェクタ 1 2 0 は係合部の一例である。

10

【 0 0 3 4 】

アーム本体 1 1 0 は、4 つのリンク 1 1 1 a から 1 1 1 d と、3 つの受動可動部 1 1 2 a から 1 1 2 c とを含む。リンク 1 1 1 a は、アーム本体 1 1 0 の基部の一例であり、移動装置 4 1 0 の支持台 4 1 1 に固定される。リンク 1 1 1 b から 1 1 1 d はそれぞれ、柱状の形状を有する。アーム本体 1 1 0 において、リンクの数量は、3 つ以下であってもよく、5 つ以上であってもよく、受動可動部の数量は、2 つ以下であってもよく、4 つ以上であってもよい。

【 0 0 3 5 】

受動可動部 1 1 2 a は、リンク 1 1 1 a とリンク 1 1 1 b の基端部とを相対的に回動可能に接続する。受動可動部 1 1 2 a は、リンク 1 1 1 b の基端部に一体に回動するように接続される回動軸 1 1 2 a a と、リンク 1 1 1 a に固定され且つ回動軸 1 1 2 a a を回動可能に支持する軸受 1 1 2 a b とを含む。リンク 1 1 1 b は、回動軸 1 1 2 a a の軸心 S 1 1 を中心に回動可能である。限定されないが、本実施の形態では、リンク 1 1 1 b は、軸心 S 1 1 と垂直な方向に延びる。受動可動部 1 1 2 a は回転関節として機能することができる。受動可動部 1 1 2 a は第 1 回動可動部の一例である。

20

【 0 0 3 6 】

本明細書及び請求項において、「垂直」、「鉛直」、「水平」及び「平行」はそれぞれ、完全に垂直、鉛直、水平又は平行である場合と、完全な垂直、鉛直、水平又は平行の近傍を含む実質的に垂直、鉛直、水平又は平行とみなすことができる場合とを含み得る。

30

【 0 0 3 7 】

受動可動部 1 1 2 b は、リンク 1 1 1 b の先端部とリンク 1 1 1 c の基端部とを相対的に回動可能に接続する。リンク 1 1 1 b は、受動可動部 1 1 2 a と受動可動部 1 1 2 b とを連結する。受動可動部 1 1 2 b は、リンク 1 1 1 c の基端部に一体に回動するように接続される回動軸 1 1 2 b a と、リンク 1 1 1 b に固定され且つ回動軸 1 1 2 b a を回動可能に支持する軸受 1 1 2 b b とを含む。リンク 1 1 1 c は、回動軸 1 1 2 b a の軸心 S 1 2 を中心に回動可能である。限定されないが、本実施の形態では、リンク 1 1 1 c は、軸心 S 1 2 と垂直な方向に延びる。軸心 S 1 2 は、軸心 S 1 1 と同様の方向に延び、例えば、軸心 S 1 1 と平行に延びる。受動可動部 1 1 2 b は回転関節として機能することができる。受動可動部 1 1 2 b は第 2 回動可動部の一例である。

40

【 0 0 3 8 】

リンク 1 1 1 c は、軸心 S 1 2 と垂直な方向に回動軸 1 1 2 b a から延びる第 1 部分 1 1 1 c a と、第 1 部分 1 1 1 c a の先端部から延びる第 2 部分 1 1 1 c b とを含む。第 2 部分 1 1 1 c b は、第 1 部分 1 1 1 c a から離れる方向 D 4 A に延びる。限定されないが、本実施の形態では、第 2 部分 1 1 1 c b は、軸心 S 1 2 と平行に延び、円筒状の形状を有する。よって、軸心 S 1 2 は、方向 D 4 A に延びる。

【 0 0 3 9 】

受動可動部 1 1 2 c は、リンク 1 1 1 c の第 2 部分 1 1 1 c b の先端部とリンク 1 1 1 d とを、相対的な進退動作を可能に接続する。リンク 1 1 1 c は、受動可動部 1 1 2 b と受動可動部 1 1 2 c とを連結する。受動可動部 1 1 2 c は進退可動部の一例である。

50

【 0 0 4 0 】

リンク 1 1 1 d は、第 2 部分 1 1 1 c b に沿ってスライド可能に第 2 部分 1 1 1 c b に配置される。リンク 1 1 1 d は、方向 D 4 A 及び D 4 B にスライド可能である。方向 D 4 B は、方向 D 4 A の反対方向である。例えば、リンク 1 1 1 d は円筒状の形状を有し、第 2 部分 1 1 1 c b の先端部がリンク 1 1 1 d の基端部に挿入される。リンク 1 1 1 d の基端部は自由端を形成し、リンク 1 1 1 d の先端部はエンドエフェクタ 1 2 0 と接続される。

【 0 0 4 1 】

受動可動部 1 1 2 c は、軸部 1 1 2 c a と係止体 1 1 2 c b とを含む。係止体 1 1 2 c b は、第 2 部分 1 1 1 c b 内に配置される。軸部 1 1 2 c a は、リンク 1 1 1 d 及び第 2 部分 1 1 1 c b 内を通して延び、係止体 1 1 2 c b を貫通する。軸部 1 1 2 c a の一端は、リンク 1 1 1 d の先端部又はエンドエフェクタ 1 2 0 と接続される。軸部 1 1 2 c a の他端は、拡大されており、拡大端部を形成する。

10

【 0 0 4 2 】

軸部 1 1 2 c a は、リンク 1 1 1 d と共に、第 2 部分 1 1 1 c b に対して方向 D 4 A 及び D 4 B にスライド移動可能である。例えば、軸部 1 1 2 c a 及びリンク 1 1 1 d は、リンク 1 1 1 d の先端部又はエンドエフェクタ 1 2 0 が第 2 部分 1 1 1 c b の先端部に当接するまで、方向 D 4 B に移動することができる。軸部 1 1 2 c a 及びリンク 1 1 1 d は、軸部 1 1 2 c a の拡大端部が係止体 1 1 2 c b に当接するまで、方向 D 4 A に移動することができる。係止体 1 1 2 c b は、第 2 部分 1 1 1 c b からの軸部 1 1 2 c a の逸出を防ぐことができる。

20

【 0 0 4 3 】

アーム本体 1 1 0 は、付勢部材 1 1 3 をさらに備える。付勢部材 1 1 3 は、リンク 1 1 1 d を、係止体 1 1 2 c b から離れる方向に、具体的には方向 D 4 A に付勢する。これにより、リンク 1 1 1 d が、方向 D 4 B へ向かう外力を受けていないとき、リンク 1 1 1 d 及び第 2 部分 1 1 1 c b は、方向 D 4 A に伸長した状態を維持することができる。例えば、上記状態において、付勢部材 1 1 3 は、軸部 1 1 2 c a の拡大端部を係止体 1 1 2 c b に当接させるような付勢力を有してもよい。限定されないが、本実施の形態では、付勢部材 1 1 3 はコイルバネである。付勢部材 1 1 3 は、リンク 1 1 1 d の先端部又はエンドエフェクタ 1 2 0 と係止体 1 1 2 c b との間に配置され、軸部 1 1 2 c a の周りに巻き付けられる。

30

【 0 0 4 4 】

限定されないが、本実施の形態では、エンドエフェクタ 1 2 0 は、リンク 1 1 1 d に対して移動しないように、リンク 1 1 1 d の先端部と接続される。エンドエフェクタ 1 2 0 は棒状体である。エンドエフェクタ 1 2 0 は、延出部 1 2 1 と突出部 1 2 2 とを含む。延出部 1 2 1 は、方向 D 4 A 及び D 4 B に対して交差する方向、例えば、垂直な方向に延びる。突出部 1 2 2 は、延出部 1 2 1 の一方の端部から方向 D 4 B に向かって突出する。突出部 1 2 2 は、車体 V B のドア V D の上部にある隙間 V D a に係合可能であり、具体的には、隙間 V D a に挿入可能である。隙間 V D a は、図 1 に示される。隙間 V D a は、ドア V D の外板と内板との間に形成され、窓の出入りが可能である隙間である。隙間 V D a は、対象物の窪みの一例である。

40

【 0 0 4 5 】

エンドエフェクタ 1 2 0 は、アーム連結部 1 3 0 を一体的に含む。アーム連結部 1 3 0 は、延出部 1 2 1 の他方の端部に配置される。アーム連結部 1 3 0 は、方向 D 4 A 及び D 4 B にアーム連結部 1 3 0 を貫通する係合穴 1 3 1 を有する。係合穴 1 3 1 は、第 1 塗装ロボット 3 0 0 A のロボット連結体 3 2 2 A を挿入できる穴である。アーム連結部 1 3 0 は係合部の一例である。

【 0 0 4 6 】

第 1 受動アーム 1 0 0 は、方向 D 4 A 及び D 4 B がそれぞれ方向 D 3 A 及び D 3 B に沿うように配置される。第 1 受動アーム 1 0 0 は、水平方向の回転の 2 つの自由度と、鉛直

50

方向の進退移動の1つの自由度との3つの自由度により、エンドエフェクタ120を移動させることができる。第1塗装ロボット300Aのロボットアーム310Aは、ロボット連結体322Aを上方から係合穴131に挿入することができる。

【0047】

第1受動アーム100は、センサ141及び142を備える。第1センサ141は、アーム連結部130に配置され、係合穴131内のロボット連結体322Aの有無を検出する。第2センサ142は、エンドエフェクタ120の突出部122に配置され、突出部122の突出方向である方向D4Bに存在する物体の有無を検出する。第2センサ142は、第2センサ142から検出対象領域内の物体までの距離を検出できてよい。センサ141及び142は、検出結果を第1制御装置500Aに出力する。第1センサ141は、ロボット連結体322Aに配置されてもよく、アーム連結部130及びロボット連結体322Aの両方に配置されてもよい。

10

【0048】

センサ141及び142の構成は特に限定されず、上記機能を有すればよい。例えば、センサ141及び142は、物理的な接触、光波、レーザ、磁気、電波、電磁波、超音波又はこれらの2つ以上の組み合わせ等を用いて検出動作を行うように構成されてもよい。第1センサ141の例は、接触センサ、近接センサ、光電センサ、レーザセンサ、電波式センサ、電磁波式センサ、超音波センサ又はこれらの2つ以上の組み合わせ等である。第2センサ142の例は、光電センサ、レーザセンサ、電波式センサ、電磁波式センサ、超音波センサ、各種ライダ(LiDAR)又はこれらの2つ以上の組み合わせ等である。

20

【0049】

第1受動アーム100は、受動可動部112aから112cそれぞれの動作に係止可能である係止装置151から153を備える。係止装置151及び152はそれぞれ、受動可動部112a及び112bの回動動作に係止する。係止装置153は、受動可動部112cの進退動作に係止する。限定されないが、本実施の形態では、係止装置151から153は、摩擦力を用いて係止する。係止装置151から153は、係合及び嵌合等の他の方法を用いて係止する構成を有してもよい。

【0050】

本実施の形態では、係止装置151及び152はそれぞれ、車輪のディスクブレーキ装置と同様の構成を有する。係止装置151は、回動軸112aaに一体に接続されるディスク151aと、摩擦材151bと、摩擦材151bをディスク151aに押し当てるように動作する係止駆動装置151cとを備える。ディスク151aは、当該ディスク151aが接続される回動軸112aaと一体に回動する。同様に、係止装置152は、回動軸112baに一体に接続されるディスク152aと、摩擦材152bと、係止駆動装置152cとを備える。例えば、係止駆動装置151c及び152cはそれぞれ、摩擦材151b及び152bを押圧するピストンを含んでもよい。係止装置151及び152はそれぞれ、リンク111a及び111b内に配置される。

30

【0051】

係止装置153は、軸部112caの外周面を掴む又は挟む等の把持をするように動作可能である把持装置153aを備える。例えば、把持装置153aは、係止駆動装置151c及び152cと同様に、摩擦材を軸部112caに押し付ける構造を有してもよい。係止装置153は、リンク111cの第2部分111cb内に配置され、具体的には、係止体112cbと軸部112caの拡大端部との間に配置される。

40

【0052】

限定されないが、本実施の形態では、係止駆動装置151c及び152c並びに把持装置153aはそれぞれ、作動流体の供給を受け、作動流体の供給及び供給停止によって係止の実行及び解除をする構成を有する。本実施の形態では、作動流体は、空気供給装置600によって供給される加圧空気であるが、作動油等の液体であってもよい。係止駆動装置151c及び152c並びに把持装置153aはそれぞれ、配管と開閉弁602A、603A及び604Aとを介して、空気供給装置600と接続される。開閉弁602A、6

50

03A及び604Aは、電氣的に動作し、配管を連通及び遮断することができる。開閉弁602A、603A及び604Aは、図9に示され、例えば電磁弁であってもよい。本実施の形態では、開閉弁602A、603A及び604Aは、第1受動アーム100に配置されるが、第1受動アーム100の外部に配置されてもよい。開閉弁602A、603A及び604Aの動作は、第1制御装置500Aによって制御される。係止駆動装置151c及び152c並びに把持装置153aはそれぞれ、開閉弁602A、603A及び604Aの開状態で加圧空気の供給を受け、開閉弁602A、603A及び604Aの閉状態で加圧空気の供給遮断を受ける。

【0053】

例えば、係止駆動装置151c及び152cはそれぞれ、ばね等の付勢部材を備え、付勢部材の付勢力により摩擦材151b及び152bをディスク151a及び152aに押し当て、供給される加圧空気により摩擦材151b及び152bをディスク151a及び152aから離すように構成される。係止駆動装置151c及び152cはそれぞれ、開閉弁602A及び603Aの閉状態で係止を実行し、開閉弁602A及び603Aの開状態で係止を解除する。係止駆動装置151c及び152cの係止及び係止解除と、開閉弁602A及び603Aの開状態及び閉状態との関係は、上記と逆であってもよい。

10

【0054】

例えば、把持装置153aは、ばね等の付勢部材を備え、付勢部材の付勢力により軸部112caの外周面を把持し、供給される加圧空気により軸部112caの把持を解除するように構成される。把持装置153aは、開閉弁604Aの閉状態で把持による係止を実行し、開閉弁604Aの開状態で把持による係止を解除する。把持装置153aの把持による係止及び係止解除と、開閉弁604Aの開状態及び閉状態との関係は、上記と逆であってもよい。

20

【0055】

[第2受動アームの構成]

図7及び図8を参照しつつ、第2受動アーム200の構成の一例を説明する。図7及び図8はそれぞれ、第2受動アーム200の構成の一例を示す正面図及び側面図である。図7及び図8において、図面表示の便宜上、部材の内部に配置される要素も実線で表示される。

【0056】

第2受動アーム200は、アーム本体210と、アーム本体210の先端に連結されるエンドエフェクタ220とを備える。アーム本体210は、2つ以上の自由度で動作でき、本実施の形態では、3自由度で動作できる。エンドエフェクタ220は、対象物に作用を加えることができる構成を有する。エンドエフェクタ220は係合部の一例である。

30

【0057】

アーム本体210は、4つのリンク211aから211dと、3つの受動可動部212aから212cと、荷重体213とを含む。リンク211aは、アーム本体210の基部の一例であり、移動装置420の支持台421に固定される。リンク211aは、長手方向が方向D5Aである矩形板状の形状を有する。アーム本体210において、リンクの数量は、3つ以下であってもよく、5つ以上であってもよく、受動可動部の数量は、2つ以下であってもよく、4つ以上であってもよい。

40

【0058】

受動可動部212aは、リンク211aとリンク211bとを、相対的な進退動作を可能に接続する。受動可動部212aは進退可動部の一例である。リンク211bは、矩形板状の形状を有し、リンク211aと対向して配置される。

【0059】

受動可動部212aは、2つのガイド部212aaと、2つ以上の係合部212abとを含む。各ガイド部212aaは、リンク211aの表面上に配置される。各ガイド部212aaは、リンク211aの表面から突出し且つ方向D5Aに帯状に延びる。2つのガイド部212aaは、互いに平行に延びる。2つのガイド部212aaは、リンク211

50

bの移動を案内する軌道を形成し、レールであってもよい。

【0060】

2つ以上の係合部212abは、リンク211bに配置され、ガイド部212aaとスライド可能に係合する。係合部212abは、ガイド部212aaから逸脱しないように係合を維持しつつ、ガイド部212aaに沿ってスライド移動することができる。限定されないが、本実施の形態では、4つの係合部212abが配置され、2つの係合部212abが1つのガイド部212aaと係合し、他の2つの係合部212abが別のガイド部212aaと係合する。リンク211bは、ガイド部212aaに沿って方向D5A及びD5Bに移動可能である。方向D5Bは、方向D5Aの反対方向である。

【0061】

受動可動部212bは、リンク211bとリンク211cの基端部とを相対的に回動可能に接続する。リンク211bは、受動可動部212aと受動可動部212bとを連結する。受動可動部212bは、リンク211bに一体に接続される回動軸212baと、リンク211cの基端部に固定され且つ回動軸212baを回動可能に支持する軸受212bbとを含む。リンク211cは、回動軸212baの軸心S21を中心に回動可能である。限定されないが、本実施の形態では、リンク211cは、軸心S21と垂直な方向に延びる。軸心S21は、方向D5A及びD5Bと垂直な方向に延びる。軸心S21は、リンク211a及び211bと交差する方向、例えば、垂直な方向に延びる。受動可動部212bは回転関節として機能することができる。受動可動部212bは回動可動部の一例である。

【0062】

受動可動部212cは、リンク211cの先端部とリンク211dの基端部とを相対的に回動可能に接続する。リンク211cは、受動可動部212bと受動可動部212cとを連結する。受動可動部212cは、リンク211dの基端部に一体に接続される回動軸212caと、リンク211cの先端部に固定され且つ回動軸212caを回動可能に支持する軸受212cbとを含む。リンク211dは、回動軸212caの軸心S22を中心に回動可能である。限定されないが、本実施の形態では、軸心S22は、軸心S21と同様の方向に延び、例えば、軸心S21と平行に延びる。受動可動部212cは回動可動部の一例である。

【0063】

リンク211cは、平行リンクの構成を有する。リンク211cは、第1部材211ca、第2部材211cb及び第3部材211ccを含む。第1部材211ca、第2部材211cb及び第3部材211ccは、柱状の部材である。

【0064】

第1部材211caは、受動可動部212b及び212cを連結する。具体的には、第1部材211caの一端は、受動可動部212bによってリンク211bと回動可能に接続され、第1部材211caの他端は、受動可動部212cによってリンク211dの基端部と回動可能に接続される。

【0065】

第2部材211cbは、第1部材211caに沿って延び、一端でリンク211bに回動可能に連結される。具体的には、第2部材211cbの一端は、第1部材211caから離れた位置でリンク211bと接続される。第2部材211cbの他端は、第3部材211ccの一端と回動可能に接続される。第3部材211ccは、一端で第2部材211cbの他端と回動可能に連結され、他端で受動可動部212cと連結される。

【0066】

第1部材211caにおける2つの接続部分の距離は、第2部材211cbにおける2つの接続部分の距離と同等である。リンク211bと第1部材211caとの接続部分とリンク211bと第2部材211cbとの接続部分との距離は、第3部材211ccにおける2つの接続部分の距離と同等である。よって、第1部材211caが回動したとき、第3部材211ccは平行移動する。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 7 】

限定されないが、本実施の形態では、第 3 部材 2 1 1 c c の他端は、リンク 2 1 1 d と一体に回転するように、リンク 2 1 1 d の基端部と連結される。これにより、第 1 部材 2 1 1 c a が回転したとき、リンク 2 1 1 d は、第 3 部材 2 1 1 c c と共に平行移動する。よって、リンク 2 1 1 d の姿勢が維持される。

【 0 0 6 8 】

リンク 2 1 1 d は、柱状の形状を有する。リンク 2 1 1 d は、受動可動部 2 1 2 c から軸心 S 2 2 の方向 D 6 A に延びる第 1 部分 2 1 1 d a と、第 1 部分 2 1 1 d a の先端部から延びる第 2 部分 2 1 1 d b とを含む。第 2 部分 2 1 1 d b は、第 1 部分 2 1 1 d a から離れる方向 D 7 A に延びる。限定されないが、本実施の形態では、第 1 部分 2 1 1 d a は、軸心 S 2 2 と平行に延び、方向 D 6 A は、方向 D 5 A 及び D 5 B に垂直であり且つリンク 2 1 1 a 及び 2 1 1 b から離れる方向である。第 2 部分 2 1 1 d b は、第 1 部分 2 1 1 d a と垂直に延び、方向 D 7 A は、方向 D 6 A に垂直であり且つリンク 2 1 1 a 及び 2 1 1 b から離れる方向である。リンク 2 1 1 d の先端部はエンドエフェクタ 2 2 0 と接続される。

10

【 0 0 6 9 】

限定されないが、本実施の形態では、エンドエフェクタ 2 2 0 は、リンク 2 1 1 d に対して移動しないように、リンク 2 1 1 d と接続される。エンドエフェクタ 2 2 0 は棒状体である。エンドエフェクタ 2 2 0 は、延出部 2 2 1 と突出部 2 2 2 とを含む。延出部 2 2 1 は、方向 D 7 A に対して交差する方向、例えば、垂直な方向に延びる。延出部 2 2 1 の両端は、リンク 2 1 1 d よりも方向 D 5 A 及び D 5 B へ突出する。突出部 2 2 2 は、延出部 2 2 1 の両端それぞれから方向 D 7 B に向かって突出する。方向 D 7 B は、方向 D 7 A と反対方向である。突出部 2 2 2 は、車体 V B のフロントフード V F 及びリヤゲート V G に取り付けられる保持具 V a の開口に係合可能であり、具体的には、当該開口に挿入可能である。保持具 V a は、図 2 に示される。保持具 V a は、フロントフード V F 及びリヤゲート V G の開閉の際に保持される金具である。

20

【 0 0 7 0 】

アーム連結部 2 3 0 が、リンク 2 1 1 d の先端部に一体的に配置される。アーム連結部 2 3 0 は、方向 D 6 A に開口する係合穴 2 3 1 を有する。係合穴 2 3 1 は、第 2 塗装ロボット 3 0 0 B のロボット連結体 3 2 2 B を挿入できる穴である。アーム連結部 2 3 0 は係合部の一例である。

30

【 0 0 7 1 】

荷重体 2 1 3 は、所定以上の質量を有する物体である。リンク 2 1 1 c と一体に移動するようにリンク 2 1 1 c に連結される。荷重体 2 1 3 は、受動可動部 2 1 2 b を挟んでリンク 2 1 1 c と反対側に配置される。荷重体 2 1 3 は、連結部材 2 1 3 a によって第 1 部材 2 1 1 c a と一体的に連結される。連結部材 2 1 3 a は、荷重体 2 1 3 を、第 1 部材 2 1 1 c a 及び受動可動部 2 1 2 b から離すように位置決めする。荷重体 2 1 3 は、受動可動部 2 1 2 b を中心とする下向きの回転モーメント M 1 を第 1 部材 2 1 1 c a に発生し得る。荷重体 2 1 3 は、上記物体に限定されず、第 1 部材 2 1 1 c a に回転モーメントを与えることができればよい。例えば、荷重体 2 1 3 は、回転モーメント M 1 を第 1 部材 2 1 1 c a に与える渦巻きばね等の付勢部材であってもよい。

40

【 0 0 7 2 】

第 2 受動アーム 2 0 0 は、方向 D 5 A 及び D 5 B がそれぞれ方向 D 1 A 及び D 1 B に沿い、方向 D 6 A が方向 D 2 A に沿い、方向 D 7 A 及び D 7 B がそれぞれ方向 D 3 B 及び D 3 A に沿うように配置される。第 2 受動アーム 2 0 0 は、鉛直方向の回転の 2 つの自由度と、水平方向の進退移動の 1 つの自由度との 3 つの自由度により、エンドエフェクタ 2 2 0 を移動させることができる。塗装ロボット 3 0 0 B のロボットアーム 3 1 0 B は、ロボット連結体 3 2 2 B を側方から係合穴 2 3 1 に挿入することができる。

【 0 0 7 3 】

第 2 受動アーム 2 0 0 は、第 1 受動アーム 1 0 0 の第 1 センサ 1 4 1 と同様の第 1 セン

50

サ 2 4 1 と、第 2 センサ 1 4 2 と同様の第 2 センサ 2 4 2 とを備える。第 1 センサ 2 4 1 は、アーム連結部 2 3 0 に配置され、第 2 センサ 2 4 2 は、エンドエフェクタ 2 2 0 の突出部 2 2 2 のいずれか又は両方に配置される。センサ 2 4 1 及び 2 4 2 は、検出結果を第 2 制御装置 5 0 0 B に出力するように構成される。第 1 センサ 2 4 1 は、ロボット連結体 3 2 2 B に配置されてもよく、アーム連結部 2 3 0 及びロボット連結体 3 2 2 B の両方に配置されてもよい。

【 0 0 7 4 】

第 2 受動アーム 2 0 0 は、受動可動部 2 1 2 a 及び 2 1 2 b それぞれの動作に係止可能である係止装置 2 5 1 及び 2 5 2 を備える。限定されないが、本実施の形態では、係止装置 2 5 1 及び 2 5 2 は、摩擦力を用いて係止する。係止装置 2 5 1 は、受動可動部 2 1 2 a の進退動作に係止する。係止装置 2 5 2 は、第 1 受動アーム 1 0 0 の係止装置 1 5 1 及び 1 5 2 と同様の構成を有し、受動可動部 2 1 2 b の回動動作に係止する。

10

【 0 0 7 5 】

係止装置 2 5 2 は、第 1 部材 2 1 1 c a 内に配置される。係止装置 2 5 2 は、回動軸 2 1 2 b a と一体的に取り付けられるディスク 2 5 2 a と、摩擦材 2 5 2 b と、係止駆動装置 2 5 2 c とを備える。

【 0 0 7 6 】

係止装置 2 5 1 は、リンク 2 1 1 b の係合部 2 1 2 a b に配置される。具体的には、係止装置 2 5 1 は、2 つのガイド部 2 1 2 a a それぞれの係合部 2 1 2 a b に配置される。係止装置 2 5 1 は、ガイド部 2 1 2 a a の外面を掴む把持装置 2 5 1 a を備える。把持装置 2 5 1 a は、第 1 受動アーム 1 0 0 の把持装置 1 5 3 a と同様の構成を有してもよい。

20

【 0 0 7 7 】

把持装置 2 5 1 a 及び係止駆動装置 2 5 2 c はそれぞれ、空気供給装置 6 0 0 によって供給される加圧空気の供給及び供給停止によって係止の実行及び解除をする。把持装置 2 5 1 a 及び係止駆動装置 2 5 2 c はそれぞれ、配管と開閉弁 6 0 2 B 及び 6 0 3 B とを介して、空気供給装置 6 0 0 と接続される。開閉弁 6 0 2 B 及び 6 0 3 B は、電氣的に動作する構成を有し、それぞれの動作は、第 2 制御装置 5 0 0 B によって制御される。開閉弁 6 0 2 B 及び 6 0 3 B は、図 9 に示され、例えば電磁弁であってもよい。本実施の形態では、開閉弁 6 0 2 B 及び 6 0 3 B は、第 2 受動アーム 2 0 0 に配置されるが、第 2 受動アーム 2 0 0 の外部に配置されてもよい。把持装置 2 5 1 a 及び係止駆動装置 2 5 2 c は、加圧空気の供給時に係止を解除し、加圧空気の供給遮断時に係止を実行するように構成される。把持装置 2 5 1 a 及び係止駆動装置 2 5 2 c の係止及び係止解除と、加圧空気の供給及び供給遮断との関係は、上記と逆であってもよい。

30

【 0 0 7 8 】

[制御装置の構成]

図 9 を参照しつつ、実施の形態に係る制御装置 5 0 0 A から 5 0 0 C 及びそれらの周辺の構成の一例を説明する。図 9 は、実施の形態に係る制御装置 5 0 0 A から 5 0 0 C 及びそれらの周辺の構成の一例を示すブロック図である。

【 0 0 7 9 】

第 3 制御装置 5 0 0 C は、第 1 制御装置 5 0 0 A と、第 2 制御装置 5 0 0 B と、塗装ライン装置 P L のライン制御装置 C P L と、入出力装置 7 0 0 と、互いに信号を送受信できるように、有線通信、無線通信又はこれらの組み合わせを介して互いに接続される。いかなる有線通信及び無線通信が用いられてもよい。

40

【 0 0 8 0 】

第 3 制御装置 5 0 0 C は、入出力装置 7 0 0 に入力される指令、情報及びデータ等を入出力装置 7 0 0 から受け取り、当該指令、情報及びデータ等に従って制御を行う。第 3 制御装置 5 0 0 C は、入出力装置 7 0 0 に、ロボットシステム 1 の様々な情報及びデータ等を出力する。第 3 制御装置 5 0 0 C は、第 1 制御装置 5 0 0 A と、第 2 制御装置 5 0 0 B と、ライン制御装置 C P L とから、それぞれの制御対象の構成要素の動作の状態を示す情報を受信し、当該情報に基づき、各制御対象の構成要素の動作タイミングの指令を第 1 制

50

御装置 5 0 0 A、第 2 制御装置 5 0 0 B 及びライン制御装置 C P L に送信するように制御してもよい。動作タイミングは、動作を実行するタイミングである。第 3 制御装置 5 0 0 C は、空気供給装置 6 0 0 と接続され、空気供給装置 6 0 0 の動作を制御するように構成されてもよい。ライン制御装置 C P L からの塗装ライン装置 P L の動作の状態を示す情報は、対象物の情報の一例である。

【 0 0 8 1 】

第 3 制御装置 5 0 0 C は、コンピュータ装置を含んでもよく、I / O 通信等により信号を他の制御装置等に送受信し、当該信号に基づき他の制御装置等の動作を制御するように構成されてもよい。図 9 では、第 3 制御装置 5 0 0 C は、1 つの第 1 制御装置 5 0 0 A と、1 つの第 2 制御装置 5 0 0 B とに接続されているが、第 3 制御装置 5 0 0 C が制御対象とする第 1 制御装置 5 0 0 A 及び第 2 制御装置 5 0 0 B それぞれの数量は、いかなる数量であってもよい。

10

【 0 0 8 2 】

第 1 制御装置 5 0 0 A は、第 3 制御装置 5 0 0 C から受け取る動作タイミングの指令等に従って、第 1 塗装ロボット 3 0 0 A、第 1 受動アーム 1 0 0 並びに移動装置 4 1 0 及び 4 3 0 等の動作を制御する。例えば、第 1 制御装置 5 0 0 A は、アーム駆動装置 M A 1 から M A 6 のサーボモータ、開閉弁 6 0 1 A から 6 0 4 A、センサ 1 4 1 及び 1 4 2、並びに移動装置 4 1 0 及び 4 3 0 のサーボモータの動作を制御するように構成されてもよい。限定されないが、本実施の形態では、第 1 制御装置 5 0 0 A は、制御プログラムに従った自動運転により、各制御対象の動作を制御する。第 1 制御装置 5 0 0 A は、コンピュータ装置を含み、さらにサーボモータ等の電気的構成要素の駆動回路を含んでもよい。

20

【 0 0 8 3 】

第 2 制御装置 5 0 0 B は、第 3 制御装置 5 0 0 C から受け取る動作タイミングの指令等に従って、第 2 塗装ロボット 3 0 0 B、第 2 受動アーム 2 0 0 並びに移動装置 4 2 0 及び 4 4 0 等の動作を制御する。例えば、第 2 制御装置 5 0 0 B は、アーム駆動装置 M B 1 から M B 6 のサーボモータ、開閉弁 6 0 1 B から 6 0 3 B、センサ 2 4 1 及び 2 4 2、並びに移動装置 4 2 0 及び 4 4 0 のサーボモータの動作を制御するように構成されてもよい。限定されないが、本実施の形態では、第 2 制御装置 5 0 0 B は、制御プログラムに従った自動運転により、各制御対象の動作を制御する。第 2 制御装置 5 0 0 B は、コンピュータ装置を含み、さらにサーボモータ等の電気的構成要素の駆動回路を含んでもよい。

30

【 0 0 8 4 】

制御装置 5 0 0 A 及び 5 0 0 B は、各サーボモータをサーボ制御するように構成されてもよい。制御装置 5 0 0 A 及び 5 0 0 B は、各サーボモータから、当該サーボモータに備えられる回転センサの検出結果を取得し、当該サーボモータの駆動回路から当該サーボモータへの供給電流値を取得し、回転センサの検出結果と供給電流値とをフィードバック情報として用いて、当該サーボモータへの電流の指令値を決定してもよい。供給電流値は、駆動回路からサーボモータへ供給する電流の指令値であってもよく、サーボモータに設けられ得る電流センサの検出結果であってもよい。

【 0 0 8 5 】

ライン制御装置 C P L は、塗装ライン装置 P L の動作を制御する。ライン制御装置 C P L は、ラインコントローラ等の制御盤を含んでもよい。ラインコントローラは、「工程制御盤」又は「ライン制御盤」とも呼ばれる。

40

【 0 0 8 6 】

入出力装置 7 0 0 は、操作者等のユーザによる指令、情報及びデータ等の入力を受け付け、第 3 制御装置 5 0 0 C 等に出力する。入出力装置 7 0 0 は、第 3 制御装置 5 0 0 C 等から送られる情報及びデータ等を受け取り、当該情報及びデータ等をユーザに提示する。入出力装置 7 0 0 は、入力装置と、ディスプレイ等の提示装置とを含む。入力装置は既知のいかなる入力装置であってもよく、提示装置は、視覚及び聴覚等を通じてユーザに知覚可能な情報を与える既知のいかなる装置であってもよい。

【 0 0 8 7 】

50

例えば、制御装置 500A から 500C は、電子回路基板、電子制御ユニット、マイクロコンピュータ、パーソナルコンピュータ、ワークステーション、スマートフォン及びタブレットなどのスマートデバイス、並びにその他の電子機器等であってもよい。制御装置 500A から 500C は回路を含み、当該回路はプロセッサ及びメモリを含んでもよい。回路は処理回路を含み得る。回路は、プロセッサとして CPU (中央処理装置: Central Processing Unit) 等を含み、メモリとして、ROM (Read Only Memory) 等の不揮発性半導体メモリ及び RAM (Random Access Memory) 等の揮発性半導体メモリ等を含んでもよい。例えば、CPU が動作するためのプログラムは、ROM 等に予め保持されている。CPU は、ROM からプログラムを RAM に読み出して展開する。CPU は、RAM に展開されたプログラム中のコード化された各命令を実行する。制御装置 500A から 500C は、メモリに加えて、ストレージを含んでもよい。ストレージは、半導体メモリ、ハードディスクドライブ (HDD: Hard Disk Drive) 及び固体ドライブ (SSD: Solid State Drive) 等の記憶装置を含んでもよい。

10

【0088】

制御装置 500A から 500C の一部又は全ての機能は、プロセッサ及びメモリ等からなるコンピュータシステムにより実現されてもよく、電子回路又は集積回路等の専用のハードウェア回路により実現されてもよく、上記コンピュータシステム及びハードウェア回路の組み合わせにより実現されてもよい。制御装置 500A から 500C は、単一の装置による集中制御により各処理を実行するように構成されてもよく、複数の装置の協働による分散制御により各処理を実行するように構成されてもよい。

20

【0089】

限定されないが、例えば、プロセッサは、CPU、MPU (Micro Processing Unit)、GPU (Graphics Processing Unit)、マイクロプロセッサ (microprocessor)、プロセッサコア (processor core)、マルチプロセッサ (multiprocessor)、ASIC (Application-Specific Integrated Circuit)、FPGA (Field Programmable Gate Array) 等を含み、IC (集積回路) チップ、LSI (Large Scale Integration) 等に形成された論理回路又は専用回路によって各処理を実現してもよい。複数の処理は、1 つ又は複数の集積回路により実現されてもよく、1 つの集積回路により実現されてもよい。

【0090】

[制御装置の機能的構成]

30

図 10 を参照しつつ、実施の形態に係る第 1 制御装置 500A 及び第 2 制御装置 500B の機能的構成の一例を説明する。図 10 は、実施の形態に係る第 1 制御装置 500A 及び第 2 制御装置 500B の機能的構成の一例を示すブロック図である。第 1 制御装置 500A 及び第 2 制御装置 500B は、同様の機能的構成を有する。

【0091】

第 1 制御装置 500A は、情報処理部 501A と、第 1 信号処理部 502A と、第 2 信号処理部 503A と、第 1 移動制御部 504A と、第 2 移動制御部 505A と、アーム制御部 506A と、塗装弁制御部 507A と、係止弁制御部 508A と、記憶部 509A とを機能的構成要素として含む。記憶部 509A の機能は、メモリ等によって実現されてもよい。記憶部 509A 以外の機能的構成要素の機能は、プロセッサ等によって実現されてもよい。上記の機能的構成要素の全てが必須ではない。

40

【0092】

記憶部 509A は、種々の情報及びデータ等を記憶し、記憶している情報及びデータ等の読み出しを可能にする。例えば、記憶部 509A は、制御プログラム及び各種データ等を記憶する。

【0093】

情報処理部 501A は、第 3 制御装置 500C から受信する指令、情報及び信号等処理し、第 1 制御装置 500A 内の対応する機能的構成要素に出力する。例えば、上記指令は、動作タイミング等を含み得る。情報処理部 501A は、第 1 制御装置 500A の機能的構成要素が出力する情報及び信号等処理し、第 3 制御装置 500C に送信する。

50

【 0 0 9 4 】

第 1 信号処理部 5 0 2 A は、第 1 センサ 1 4 1 から信号を受け取り、当該信号を処理する。第 1 信号処理部 5 0 2 A は、第 1 センサ 1 4 1 の信号に基づき、第 1 受動アーム 1 0 0 のアーム連結部 1 3 0 の係合穴 1 3 1 に、第 1 塗装ロボット 3 0 0 A のロボット連結体 3 2 2 A が挿入されているか否かを検出し、検出結果をアーム制御部 5 0 6 A 等に出力する。

【 0 0 9 5 】

第 2 信号処理部 5 0 3 A は、第 2 センサ 1 4 2 から信号を受け取り、当該信号を処理する。第 2 信号処理部 5 0 3 A は、第 2 センサ 1 4 2 の信号に基づき、第 1 受動アーム 1 0 0 のエンドエフェクタ 1 2 0 の突出部 1 2 2 からその突出方向 D 4 B に物体が存在する
10
か否かを検出し、検出結果をアーム制御部 5 0 6 A 等に出力する。例えば、突出部 1 2 2 が車体 V B のドア V D の隙間 V D a の真上に位置し隙間 V D a に向いているとき、第 2 センサ 1 4 2 が物体を検知しないため、第 2 信号処理部 5 0 3 A は、物体の非存在を検出し、それにより、隙間 V D a の存在を検出することができる。突出部 1 2 2 が隙間 V D a に所定量以上挿入されると、第 2 センサ 1 4 2 がドア V D の外板の内面を検知するため、第 2 信号処理部 5 0 3 A は、物体の存在を検出し、それにより、隙間 V D a 内への突出部 1 2 2 の挿入完了を検出することができる。

【 0 0 9 6 】

第 1 移動制御部 5 0 4 A は、第 3 制御装置 5 0 0 C からの動作タイミング等の指令及び
20
制御プログラムに従って、移動装置 4 1 0 の動作を制御する。例えば、第 1 移動制御部 5 0 4 A は、移動装置 4 1 0 の支持台 4 1 1 の位置及び速度等の目標値を演算し、当該目標値に従って支持台 4 1 1 を移動させるための指令値を移動駆動装置 4 1 2 に出力する。指令値は、サーボモータへ供給する電流の指令値であってもよい。例えば、第 1 移動制御部 5 0 4 A は、塗装ライン装置 P L による車体 V B の移動と同調するように、移動駆動装置 4 1 2 に支持台 4 1 1 を移動させ得る。

【 0 0 9 7 】

第 2 移動制御部 5 0 5 A は、第 3 制御装置 5 0 0 C からの動作タイミング等の指令及び
30
制御プログラムに従って、移動装置 4 3 0 の動作を制御する。例えば、第 2 移動制御部 5 0 5 A は、移動装置 4 3 0 の支持台 4 3 1 の位置及び速度等の目標値を演算し、当該目標値に従って支持台 4 3 1 を移動させるための指令値を移動駆動装置 4 3 2 に出力する。指令値は、サーボモータへ供給する電流の指令値であってもよい。例えば、第 2 移動制御部 5 0 5 A は、塗装ライン装置 P L による車体 V B の移動と同調するように、移動駆動装置 4 3 2 に支持台 4 3 1 を移動させ得る。

【 0 0 9 8 】

アーム制御部 5 0 6 A は、第 3 制御装置 5 0 0 C からの動作タイミング等の指令及び制
40
御プログラムに従って、ロボットアーム 3 1 0 A の動作を制御する。例えば、アーム制御部 5 0 6 A は、エンドエフェクタ 3 2 0 A の位置、姿勢、位置の移動速度及び姿勢の移動速度等の目標値を演算し、当該目標値に従ってエンドエフェクタ 3 2 0 A を移動させるための指令値をアーム駆動装置 M A 1 から M A 6 に出力する。指令値は、サーボモータへ供給する電流の指令値であってもよい。さらに、アーム制御部 5 0 6 A は、信号処理部 5 0 2 A 及び 5 0 3 A から受け取る検出結果を用いて、エンドエフェクタ 3 2 0 A を位置決めするためのロボットアーム 3 1 0 A の動作を制御する。

【 0 0 9 9 】

塗装弁制御部 5 0 7 A は、制御プログラムに従って、開閉弁 6 0 1 A の動作を制御する。つまり、塗装弁制御部 5 0 7 A は、エンドエフェクタ 3 2 0 A の塗装ガン 3 2 1 A からの塗料の噴射を制御する。

【 0 1 0 0 】

係止弁制御部 5 0 8 A は、制御プログラムに従って、第 1 受動アーム 1 0 0 の係止装置
50
1 5 1 から 1 5 3 の開閉弁 6 0 2 A から 6 0 4 A の動作を制御する。つまり、係止弁制御部 5 0 8 A は、係止装置 1 5 1 から 1 5 3 の係止動作を制御する。係止弁制御部 5 0 8 A

は、信号処理部 5 0 2 A 及び 5 0 3 A から受け取る検出結果を、制御に用いてもよい。

【 0 1 0 1 】

第 2 制御装置 5 0 0 B は、第 1 制御装置 5 0 0 A と同様に、情報処理部 5 0 1 B と、第 1 信号処理部 5 0 2 B と、第 2 信号処理部 5 0 3 B と、第 1 移動制御部 5 0 4 B と、第 2 移動制御部 5 0 5 B と、アーム制御部 5 0 6 B と、塗装弁制御部 5 0 7 B と、係止弁制御部 5 0 8 B と、記憶部 5 0 9 B とを機能的構成要素として含む。記憶部 5 0 9 B の機能は、メモリ等によって実現されてもよい。記憶部 5 0 9 B 以外の機能的構成要素の機能は、プロセッサ等によって実現されてもよい。第 2 制御装置 5 0 0 B の各機能的構成要素の機能は、第 1 制御装置 5 0 0 A と同様であるため、第 2 制御装置 5 0 0 B の各機能的構成要素について、第 1 制御装置 5 0 0 A との相違点を中心に説明し、類似点の説明を省略する。第 2 制御装置 5 0 0 B の上記の機能的構成要素の全てが必須ではない。

10

【 0 1 0 2 】

第 1 信号処理部 5 0 2 B は、第 1 センサ 2 4 1 から受け取る信号を処理し、処理結果をアーム制御部 5 0 6 B 等に出力する。第 1 信号処理部 5 0 2 B は、当該信号に基づき、第 2 受動アーム 2 0 0 のアーム連結部 2 3 0 の係合穴 2 3 1 に、第 2 塗装ロボット 3 0 0 B のロボット連結体 3 2 2 B が挿入されているか否かを検出する。

【 0 1 0 3 】

第 2 信号処理部 5 0 3 B は、第 2 センサ 2 4 2 から受け取る信号を処理し、処理結果をアーム制御部 5 0 6 B 等に出力する。例えば、第 2 信号処理部 5 0 3 B は、車体 V B のフロントフード V F 又はリヤゲート V G の保持具 V a の開口に対して、第 2 受動アーム 2 0 0 のエンドエフェクタ 2 2 0 の突出部 2 2 2 が当該開口の真下に位置し当該開口に向いていることを検出することができる。

20

【 0 1 0 4 】

第 1 移動制御部 5 0 4 B は、第 3 制御装置 5 0 0 C からの指令及び制御プログラムに従って、移動装置 4 2 0 の動作を制御する。

【 0 1 0 5 】

第 2 移動制御部 5 0 5 B は、第 3 制御装置 5 0 0 C からの指令及び制御プログラムに従って、移動装置 4 4 0 の動作を制御する。

【 0 1 0 6 】

アーム制御部 5 0 6 B は、第 3 制御装置 5 0 0 C からの指令及び制御プログラムに従って、ロボットアーム 3 1 0 B の動作を制御する。さらに、アーム制御部 5 0 6 B は、信号処理部 5 0 2 B 及び 5 0 3 B から受け取る検出結果を用いて、エンドエフェクタ 3 2 0 B を位置決めするためのロボットアーム 3 1 0 B の動作を制御する。

30

【 0 1 0 7 】

塗装弁制御部 5 0 7 B は、制御プログラムに従って開閉弁 6 0 1 B の動作を制御し、エンドエフェクタ 3 2 0 B の塗装ガン 3 2 1 B からの塗料の噴射を制御する。

【 0 1 0 8 】

係止弁制御部 5 0 8 B は、制御プログラムに従って、第 2 受動アーム 2 0 0 の係止装置 2 5 1 及び 2 5 2 の開閉弁 6 0 2 B 及び 6 0 3 B の動作を制御し、係止装置 2 5 1 及び 2 5 3 の係止動作を制御する。係止弁制御部 5 0 8 B は、信号処理部 5 0 2 B 及び 5 0 3 B から受け取る検出結果を、制御に用いてもよい。

40

【 0 1 0 9 】

[ロボットシステムの動作]

実施の形態に係るロボットシステム 1 の動作の例を説明する。まず、図 1 及び図 1 1 を参照しつつ、第 1 塗装ロボット 3 0 0 A 及び第 1 受動アーム 1 0 0 を用いて車体 V B のドア V D を開放する場合のロボットシステム 1 の動作の一例を説明する。図 1 1 は、実施の形態に係るロボットシステム 1 の開動作の一例を示すフローチャートである。

【 0 1 1 0 】

ステップ S 1 0 1 において、第 1 制御装置 5 0 0 A は、移動装置 4 1 0 及び 4 3 0 にそれぞれ、第 1 塗装ロボット 3 0 0 A 及び第 1 受動アーム 1 0 0 を、開放動作のための初期

50

位置に移動させる。例えば、初期位置は、車体 V B に対して予め設定される位置であってもよい。初期位置は、第 1 塗装ロボット 3 0 0 A が、ロボット連結体 3 2 2 A を、第 1 受動アーム 1 0 0 のアーム連結部 1 3 0 の係合穴 1 3 1 に挿入できる位置であってもよい。第 1 受動アーム 1 0 0 は、予め初期状態で保持されている。初期状態では、アーム本体 1 1 0 は、移動装置 4 1 0 の支持台 4 1 1 を基準とする所定の姿勢で保持され、エンドエフェクタ 1 2 0 は、支持台 4 1 1 を基準とする所定の位置及び姿勢で保持される。空気供給装置 6 0 0 は稼働しており、係止装置 1 5 1 から 1 5 3 は係止状態である。

【 0 1 1 1 】

次いで、ステップ S 1 0 2 において、第 1 制御装置 5 0 0 A は、第 1 塗装ロボット 3 0 0 A のロボットアーム 3 1 0 A に動作させ、ロボット連結体 3 2 2 A を係合穴 1 3 1 に挿入させ、ロボット連結体 3 2 2 A をアーム連結部 1 3 0 に連結させる。つまり、第 1 制御装置 5 0 0 A は、ロボットアーム 3 1 0 A と第 1 受動アーム 1 0 0 とを連結する。

10

【 0 1 1 2 】

次いで、ステップ S 1 0 3 において、第 1 制御装置 5 0 0 A は、第 1 センサ 1 4 1 の信号に基づき、係合穴 1 3 1 へのロボット連結体 3 2 2 A の挿入完了、つまり連結完了を検出する。

【 0 1 1 3 】

次いで、ステップ S 1 0 4 において、第 1 制御装置 5 0 0 A は、開閉弁 6 0 2 A から 6 0 4 A に閉状態から開状態に動作させ、係止装置 1 5 1 から 1 5 3 の全てに係止解除させる。

20

【 0 1 1 4 】

次いで、ステップ S 1 0 5 において、第 1 制御装置 5 0 0 A は、ロボットアーム 3 1 0 A に動作させ、第 1 受動アーム 1 0 0 のエンドエフェクタ 1 2 0 を、車体 V B の閉状態のドア V D の隙間 V D a の上方に移動する。

【 0 1 1 5 】

次いで、ステップ S 1 0 6 において、第 1 制御装置 5 0 0 A は、第 2 センサ 1 4 2 にセンシングさせつつ、ロボットアーム 3 1 0 A にエンドエフェクタ 1 2 0 を水平方向に移動させる。

【 0 1 1 6 】

第 1 制御装置 5 0 0 A は、第 2 センサ 1 4 2 の信号に基づき隙間 V D a を検出すると（ステップ S 1 0 7 で Y e s ）ステップ S 1 0 8 に進み、未検出の場合（ステップ S 1 0 7 で N o ）ステップ S 1 0 6 を繰り返す。隙間 V D a が検出されるとは、エンドエフェクタ 1 2 0 の突出部 1 2 2 の下方への突出方向に隙間 V D a が位置することが検出されることである。

30

【 0 1 1 7 】

ステップ S 1 0 8 において、第 1 制御装置 5 0 0 A は、第 2 センサ 1 4 2 にセンシングさせつつ、ロボットアーム 3 1 0 A にエンドエフェクタ 1 2 0 を下方向 D 3 B に移動させ、突出部 1 2 2 を隙間 V D a に挿入する。

【 0 1 1 8 】

第 1 制御装置 5 0 0 A は、第 2 センサ 1 4 2 の信号に基づき隙間 V D a への突出部 1 2 2 の挿入完了を検出すると（ステップ S 1 0 9 で Y e s ）、ロボットアーム 3 1 0 A に、下方向 D 3 B へのエンドエフェクタ 1 2 0 の移動を停止させ、ステップ S 1 1 0 に進む。第 1 制御装置 5 0 0 A は、未検出の場合（ステップ S 1 0 9 で N o ）にステップ S 1 0 8 を繰り返す。これにより、エンドエフェクタ 1 2 0 の延出部 1 2 1 がドア V D に衝突することが防がれる。

40

【 0 1 1 9 】

ステップ S 1 1 0 において、第 1 制御装置 5 0 0 A は、ロボットアーム 3 1 0 A に、エンドエフェクタ 1 2 0 を水平方向に移動させ、車体 V B のドア V D を開放する。

【 0 1 2 0 】

次いで、ステップ S 1 1 1 において、第 1 制御装置 5 0 0 A は、車体 V B のドア V D を

50

所定の位置まで開放すると、開閉弁 6 0 2 A から 6 0 4 A に開状態から閉状態に動作させ、係止装置 1 5 1 から 1 5 3 の全てに係止動作させる。これにより、第 1 受動アーム 1 0 0 は、ドア V D を開放状態に維持する。

【 0 1 2 1 】

次いで、ステップ S 1 1 2 において、第 1 制御装置 5 0 0 A は、ロボットアーム 3 1 0 A に動作させ、ロボット連結体 3 2 2 A を係合穴 1 3 1 から引き抜かせ、ロボット連結体 3 2 2 A 及び係合穴 1 3 1 の連結を解除する。

【 0 1 2 2 】

次いで、ステップ S 1 1 3 において、第 1 制御装置 5 0 0 A は、第 1 センサ 1 4 1 の信号に基づき、係合穴 1 3 1 からのロボット連結体 3 2 2 A の引き抜きの完了、つまり、ロボット連結体 3 2 2 A 及び係合穴 1 3 1 の連結解除完了を検出する。

10

【 0 1 2 3 】

次いで、ステップ S 1 1 4 において、第 1 制御装置 5 0 0 A は、開閉弁 6 0 1 A に閉状態から開状態に動作させ、ロボットアーム 3 1 0 A に塗装動作を実行させる。これにより、第 1 塗装ロボット 3 0 0 A は、車体 V B の内部の塗装作業を行うことができる。

【 0 1 2 4 】

第 2 制御装置 5 0 0 B は、第 1 制御装置 5 0 0 A の上記処理と同様の処理を行うことによって、第 2 塗装ロボット 3 0 0 B 及び第 2 受動アーム 2 0 0 を用いて車体 V B のフロントフード V F 及びリヤゲート V G それぞれを開放することができる。第 2 制御装置 5 0 0 B は、ステップ S 1 0 5 から S 1 0 8 と同様の処理では、ロボットアーム 3 1 0 B に、第 2 受動アーム 2 0 0 のエンドエフェクタ 2 2 0 の突出部 2 2 2 の一方を、保持具 V a の開口に下方から挿入させる。ステップ S 1 0 9 と同様の処理は省略されてもよい。

20

【 0 1 2 5 】

次に、図 1 及び図 1 2 を参照しつつ、第 1 塗装ロボット 3 0 0 A 及び第 1 受動アーム 1 0 0 を用いて車体 V B のドア V D を閉鎖する場合のロボットシステム 1 の動作の一例を説明する。図 1 2 は、実施の形態に係るロボットシステム 1 の閉動作の一例を示すフローチャートである。

【 0 1 2 6 】

ステップ S 2 0 1 において、第 1 制御装置 5 0 0 A は、第 1 塗装ロボット 3 0 0 A の所定の塗装作業が完了すると、開閉弁 6 0 1 A に開状態から閉状態に動作させ、塗装作業を終了する。

30

【 0 1 2 7 】

次いで、ステップ S 2 0 2 において、第 1 制御装置 5 0 0 A は、第 1 塗装ロボット 3 0 0 A のロボットアーム 3 1 0 A に動作させ、ロボット連結体 3 2 2 A を第 1 受動アーム 1 0 0 のアーム連結部 1 3 0 の係合穴 1 3 1 に挿入させ、ロボットアーム 3 1 0 A と第 1 受動アーム 1 0 0 とを連結する。

【 0 1 2 8 】

次いで、ステップ S 2 0 3 において、第 1 制御装置 5 0 0 A は、第 1 センサ 1 4 1 の信号に基づき、係合穴 1 3 1 へのロボット連結体 3 2 2 A の挿入完了、つまり連結完了を検出する。

40

【 0 1 2 9 】

次いで、ステップ S 2 0 4 において、第 1 制御装置 5 0 0 A は、開閉弁 6 0 2 A から 6 0 4 A に閉状態から開状態に動作させ、係止装置 1 5 1 から 1 5 3 の全てに係止解除させる。

【 0 1 3 0 】

次いで、ステップ S 2 0 5 において、第 1 制御装置 5 0 0 A は、ロボットアーム 3 1 0 A に、エンドエフェクタ 1 2 0 を水平方向に移動させ、車体 V B のドア V D を閉鎖する。

【 0 1 3 1 】

次いで、ステップ S 2 0 6 において、第 1 制御装置 5 0 0 A は、ロボットアーム 3 1 0 A にエンドエフェクタ 1 2 0 を移動させ、第 1 受動アーム 1 0 0 を初期状態にする。初期

50

状態は、ドアＶＤを開放する動作でのステップＳ１０１における初期状態と同じである。例えば、初期状態は、第１受動アーム１００が方向Ｄ１Ａに搬送される車体ＶＢと干渉せず、第１受動アーム１００が他の塗装作業を行う塗装ロボット３００Ａ及び３００Ｂと干渉しないような、第１受動アーム１００の状態であってもよい。

【０１３２】

次いで、ステップＳ２０７において、第１制御装置５００Ａは、第１受動アーム１００の初期状態への移行完了後、開閉弁６０２Ａから６０４Ａに開状態から閉状態に動作させ、係止装置１５１から１５３の全てに係止動作させる。これにより、第１受動アーム１００は、初期状態を維持する。

【０１３３】

次いで、ステップＳ２０８において、第１制御装置５００Ａは、ロボットアーム３１０Ａに動作させ、ロボット連結体３２２Ａに係合穴１３１から引き抜かせ、ロボット連結体３２２Ａ及び係合穴１３１の連結を解除する。

【０１３４】

次いで、ステップＳ２０９において、第１制御装置５００Ａは、第１センサ１４１の信号に基づき、係合穴１３１からのロボット連結体３２２Ａの引き抜きの完了、つまり、ロボット連結体３２２Ａ及び係合穴１３１の連結解除完了を検出する。

【０１３５】

次いで、ステップＳ２１０において、第１制御装置５００Ａは、開閉弁６０１Ａに閉状態から開状態に動作させ、ロボットアーム３１０Ａに他の部位の塗装動作をさせる。

【０１３６】

第２制御装置５００Ｂは、第１制御装置５００Ａの上記処理と同様の処理を行うことによって、第２塗装ロボット３００Ｂ及び第２受動アーム２００を用いて車体ＶＢのフロントフードＶＦ及びリヤゲートＶＧそれぞれを閉鎖することができる。

【０１３７】

（その他の実施の形態）

以上、本開示の実施の形態の例について説明したが、本開示は、上記実施の形態に限定されない。すなわち、本開示の範囲内で種々の変形及び改良が可能である。例えば、各種変形を実施の形態に施したもの、及び、異なる実施の形態における構成要素を組み合わせる構築される形態も、本開示の範囲内に含まれる。

【０１３８】

例えば、実施の形態に係るロボットシステム１では、能動ロボットである塗装ロボット３００Ａ及び３００Ｂと、受動アーム１００及び２００とを用いて動作させる対象は、車体ＶＢの開閉可能なドアＶＤ、フロントフードＶＦ及びリヤゲートＶＧである。しかしながら、ロボットシステム１が動作させる対象は、これらに限定されない。ロボットシステム１は、動作可能又は移動可能であるいかなる対象物に用いられてもよい。例えば、ロボットシステム１は、外力が加えられることによって受動的に動作又は移動する対象物に用いられてもよい。ロボットシステム１は、能動ロボットと受動アーム１００又は２００とを用いて対象物に動作又は移動させ、受動アーム１００又は２００に動作後又は移動後の状態に対象物を維持させつつ、能動ロボットに対象物に対する作業等を実行させるような様々なケースに用いられ得る。

【０１３９】

実施の形態では、ロボットシステム１は、産業用ロボットである塗装ロボット３００Ａ及び３００Ｂを備え、産業に関する作業を行うが、これに限定されない。例えば、ロボットシステム１は、サービスロボットを備え、人にサービスを提供するように構成されてもよい。当該サービスは、介護、医療、清掃、警備、案内、救助、調理、商品提供等の様々なサービスであってもよい。

【０１４０】

実施の形態では、ロボットシステム１の制御装置５００Ａから５００Ｃは、自動運転制御により、塗装ロボット３００Ａ及び３００Ｂ、移動装置４１０から４４０、並びに、受

10

20

30

40

50

動アーム 1 0 0 及び 2 0 0 の係止装置 1 5 1 から 1 5 3、2 5 1 及び 2 5 2 等の制御対象に動作させるように構成されるが、これに限定されない。例えば、制御装置 5 0 0 A から 5 0 0 C は、手動運転制御、又は、自動運転制御及び手動運転制御の組み合わせにより、1 つ以上の制御対象に動作させるように構成されてもよい。例えば、手動運転制御は、操作者が操作装置に入力する操作内容に逐次従って、制御対象に動作させる制御であってもよい。例えば、手動運転制御では、制御対象は、操作装置を操作する操作者の動作に従った動作を実行し得る。

【 0 1 4 1 】

実施の形態では、係止装置 1 5 1 から 1 5 3、2 5 1 及び 2 5 2 は、気体又は液体の作動流体を動力源とし、作動流体の供給及び供給停止によって係止の実行及び解除をするが、これに限定されない。係止装置 1 5 1 から 1 5 3、2 5 1 及び 2 5 2 の動力源は、いかなる動力源であってもよい。例えば、係止装置 1 5 1 から 1 5 3、2 5 1 及び 2 5 2 は、電力を動力源とし、係止の実行及び解除の動作のための電動アクチュエータを備えてもよい。

【 0 1 4 2 】

実施の形態では、制御装置 5 0 0 A 及び 5 0 0 B は、第 1 センサ 1 4 1 及び 2 4 1 の検知信号を用いて、ロボット連結体 3 2 2 A 及び 3 2 2 B とアーム連結部 1 3 0 及び 2 3 0 との連結及び連結解除を検出するが、これに限定されない。例えば、制御装置 5 0 0 A 及び 5 0 0 B は、ロボットアーム 3 1 0 A 及び 3 1 0 B のサーボモータの電流値の変化に基づき、上記の連結及び連結解除を検出するように構成されてもよい。制御装置 5 0 0 A 及び 5 0 0 B は、第 2 センサ 1 4 2 及び 2 4 2 の検知信号を用いて、隙間 V D a 及び保持具 V a の開口等の挿入対象の検出、並びに、挿入対象への突出部 1 2 2 及び 2 2 2 の挿入完了を検出するが、これに限定されない。例えば、制御装置 5 0 0 A 及び 5 0 0 B は、ロボットアーム 3 1 0 A 及び 3 1 0 B のサーボモータの電流値の変化に基づき、挿入対象及びその周囲との接触及び非接触を検出し、それにより、挿入対象及び挿入対象への挿入完了を検出するように構成されてもよい。いずれの場合も、制御装置 5 0 0 A 及び 5 0 0 B は、ロボットアーム 3 1 0 A 及び 3 1 0 B のサーボモータの電流値の変化に基づき、ロボット連結体 3 2 2 A 及び 3 2 2 B、又は、突出部 1 2 2 及び 2 2 2 への接触を検出すると、サーボモータのゲインを下げて対象物に与える衝撃を緩和するように制御してもよい。

【 0 1 4 3 】

本開示の技術の各態様例は、以下のように挙げられる。本開示の一態様に係るロボットシステムは、ロボットアームと、2 つ以上の自由度を有し且つ前記ロボットアームと連結及び連結解除される受動アームであって、対象物と係合可能である係合部を有し、前記受動アームと連結されている前記ロボットアームによって動作させられる受動アームと、前記ロボットアームの第 1 動作及び第 2 動作を制御する制御装置とを備え、前記第 1 動作は、前記ロボットアームが前記対象物に作用する前記ロボットアームの動作であり、前記第 2 動作は、前記ロボットアームが前記対象物に前記受動アームを作用させる前記ロボットアームの動作であり、前記制御装置は、前記第 2 動作では、前記ロボットアームと前記受動アームとを連結させることと、前記ロボットアームに前記受動アームを動作させて前記対象物に前記係合部を係合させることと、前記ロボットアームに前記対象物と係合した前記受動アームを動作させて前記対象物に動作させることとを実行するように構成される。

【 0 1 4 4 】

上記態様によると、受動アームは、2 つ以上の自由度を有するため、対象物と係合するための動作と、対象物に動作させるための動作とを行うことができる。第 2 動作の際、制御装置は、受動アームと連結されているロボットアームを動作させることによって、受動アームに対象物と係合させ対象物の動作を実行させることができる。制御装置は、受動アームが対象物に係合している状態で、ロボットアームに受動アームとの連結を解除させ、ロボットアームに対象物への第 1 動作を行わせることができる。これにより、対象物との係合の維持が必要である場合でも、ロボットアームが対象物への第 1 動作を行うことができる。受動アームは、ロボットアームによって動作させられるように構成されるため、そ

の可動部分に駆動装置を必要とせず、構造の簡略化を可能にする。よって、ロボットシステムは、ロボットアーム単独での対象物への作業が困難である場合に、当該ロボットアームに、作業の補助のために受動アームを利用させることができる。ロボットシステムが備える複数のアームが、能動アームであるロボットアームのみで構成されず、ロボットアーム及び受動アームで構成されるため、コスト低減が可能である。

【 0 1 4 5 】

本開示の一態様に係るロボットシステムにおいて、前記受動アームは、前記 2 つ以上の自由度を形成し且つ前記受動アームに外力が付与されることによって動作する 2 つ以上の受動可動部と、前記受動可動部の動作の係止を、作動流体の作用によって行う 2 つ以上の係止装置とを含み、前記係止装置は、前記受動可動部の動作の係止を実行及び解除することによって、前記受動アームに姿勢の保持及び保持解除をさせ、前記係止装置は、前記作動流体が供給されている間、前記係止を解除し、前記作動流体が供給停止されている間、前記係止を実行し、前記制御装置は、前記係止装置への前記作動流体の供給及び供給停止を制御するように構成されてもよい。

10

【 0 1 4 6 】

上記態様によると、制御装置は、各係止装置に各受動可動部を係止させることによって、受動アームに姿勢を保持させることができる。例えば、制御装置は、受動アームに対象物の動作を実行させるときに各係止装置に係止動作を解除させ、当該動作の後に各係止装置に係止動作させてもよい。これにより、受動アームは、対象物を動作後の状態に保持することができ、制御装置は、保持状態の対象物に対して、ロボットアームに第 1 動作をさせることができる。第 1 動作中、対象物が意図せず動作することに起因するロボットアームと対象物との接触が防がれる。制御装置は、第 1 動作完了後、受動アームに元の状態に戻る等の動作をさせた後に、各係止装置に係止動作させてもよい。これにより、受動アームが意図せず動作することに起因する受動アームと対象物又はロボットアームとの接触が防がれる。

20

【 0 1 4 7 】

さらに、受動アームは、係止装置を駆動するためのモータ等の駆動装置を備えず、その構造の簡略化を可能にする。例えば、受動アームには、係止装置に作動流体を供給するための配管が設けられるだけでもよい。制御装置は、作動流体の供給及び供給停止を制御するバルブ等の流体制御手段の動作を制御するように構成されてもよい。制御装置の制御システムの簡略化が可能である。

30

【 0 1 4 8 】

さらに、係止装置の係止解除中、作動流体が供給され、係止装置の係止動作中、作動流体の供給が停止される。例えば、係止動作の期間が係止解除の期間よりも長い使用環境では、作動流体を供給する配管等への負荷が低く抑えられる。作動流体の供給源の異常等に起因して、意図しないタイミングで作動流体の供給が停止した場合、係止装置が係止動作するため、意図しない受動アームの動作が防がれる。

【 0 1 4 9 】

本開示の一態様に係るロボットシステムは、前記受動アーム及び前記ロボットアームのいずれか又は両方に配置され且つ前記受動アームと前記ロボットアームとの連結を検出する第 1 センサと、前記受動アームに配置され且つ所定の方に存在する物体を検出する第 2 センサとをさらに備え、前記制御装置は、前記第 1 センサから受け取る検知信号に基づき、前記ロボットアームと前記受動アームとの連結及び連結解除のための前記ロボットアームの動作を制御し、前記第 2 センサから受け取る検知信号に基づき、前記係合部の係合対象部と前記係合部とを係合させる前記ロボットアームの動作を制御してもよい。

40

【 0 1 5 0 】

上記態様によると、制御装置は、受動アームとロボットアームとを確実に連結する制御と、受動アームとロボットアームとを確実に連結解除する制御とを可能にする。制御装置は、受動アームとロボットアームとの連結及び連結解除のためのロボットアームの複雑な位置制御を必要としない。さらに、制御装置は、係合部を係合対象部に確実に係合させる

50

制御を可能にする。制御装置は、上記係合のためにロボットアームの複雑な位置制御を必要としない。よって、制御装置の制御の簡略化が可能になる。

【0151】

本開示の一態様に係るロボットシステムは、前記受動アームの位置を移動させるアーム移動装置と、前記ロボットアームの位置を移動させるロボット移動装置とをさらに備え、前記制御装置は、前記アーム移動装置及び前記ロボット移動装置の動作を制御するように構成され、前記制御装置は、前記対象物の情報に基づき、前記対象物に対応する位置に前記受動アームを移動させるように前記アーム移動装置の動作を制御し、前記対象物に対応する位置に前記ロボットアームを移動させるように前記ロボット移動装置の動作を制御してもよい。

10

【0152】

上記態様によると、制御装置は、対象物に合わせて受動アームの位置を変えることができる。例えば、対象物が製造ラインによって移動される場合、制御装置は、対象物の情報に含まれる対象物の位置及び速度等の情報に基づき、受動アームの位置を決定し、決定された位置に受動アームを移動させることができる。例えば、制御装置は、移動する対象物に追従させるように受動アームを移動させることができる。

【0153】

さらに、制御装置は、対象物に合わせてロボットアームの位置を変えることができる。例えば、対象物が製造ラインによって移動される場合、制御装置は、対象物の情報に含まれる対象物の位置及び速度等の情報に基づき、ロボットアームの位置を決定し、決定された位置にロボットアームを移動させることができる。例えば、制御装置は、移動する対象物に追従させるようにロボットアームを移動させることができる。

20

【0154】

本開示の一態様に係るロボットシステムにおいて、前記対象物は、開閉動作可能な開閉体を含み、前記係合部は、前記開閉体に係合可能であってもよい。上記態様によると、制御装置は、ロボットアームを用いて、受動アームに開閉体の開閉動作をさせることができる。

【0155】

本開示の一態様に係るロボットシステムは、前記開閉体としての第1開閉体を開閉する前記受動アームである第1受動アームと、前記開閉体としての第2開閉体を開閉する前記受動アームである第2受動アームと、前記第1受動アームの位置を移動させる第1アーム移動装置と、前記第2受動アームの位置を移動させる第2アーム移動装置とをさらに備え、前記第1開閉体は、側方に開閉動作可能であり、前記第2開閉体は、上下方向に開閉動作可能であり、前記制御装置は、前記対象物の情報に基づき、前記対象物に対応する位置に前記第1受動アーム及び前記第2受動アームを移動させるように前記第1アーム移動装置及び前記第2アーム移動装置の動作を制御してもよい。

30

【0156】

上記態様によると、制御装置は、対象物の作用対象の開閉体の位置に合わせて第1及び第2受動アームの位置を変えることができる。例えば、第1受動アームが2つ以上の開閉体を作用対象とする場合、制御装置は、ロボットアームの作業の進捗に合わせて、作用を与えるべき開閉体の位置に第1受動アームを移動させることができる。

40

【0157】

本開示の一態様に係るロボットシステムにおいて、前記2つ以上の受動可動部は、進退動作可能である1つ以上の進退可動部と、回動動作可能である1つ以上の回動可動部とを含んでもよい。上記態様によると、受動アームの自由度が多様化する。これにより、受動アームの小型化と、動作時に受動アームが通過する領域のコンパクト化とが可能になる。

【0158】

本開示の一態様に係るロボットシステムにおいて、前記ロボットアームと連結される前記受動アームのアーム連結部は、前記受動アームと連結される前記ロボットアームのロボット連結部と連結された状態で、前記受動アームと前記ロボットアームとの相対的な回動

50

を可能にしてもよい。上記態様によると、連結状態のロボットアームと受動アームとは、ロボット連結部において互いに対して回動可能であるため、ロボットアームの動作に追従して受動アームに動作させるための構成が簡易になる。ロボット連結部及びアーム連結部が互いに対して回動可能であるよう構成されてもよく、ロボット連結部自体が回動可能であるように構成されてもよく、アーム連結部自体が回動可能であるように構成されてもよい。

【0159】

本開示の一態様に係るロボットシステムにおいて、前記受動アームは、前記2つ以上の自由度を形成し且つ前記受動アームに外力が付与されることによって動作する2つ以上の受動可動部を含み、前記2つ以上の受動可動部は、回動動作可能である1つ以上の回動可動部を含み、前記受動アームと連結される前記ロボットアームのロボット連結部における、前記受動アームに対する前記ロボットアームの回動軸方向は、前記回動可動部の回動軸方向に沿う方向であってもよい。上記態様によると、受動アームが動作する際に通過する領域は、ロボット連結部でのロボットアームの回動軸及び回動可動部の回動軸に交差する方向でコンパクト化され得る。例えば、ロボット連結部でのロボットアームの回動方向、及び、回動可動部での受動アームの動作方向は、同一平面に沿う方向であってもよい。

10

【0160】

本開示の一態様に係るロボットシステムにおいて、前記受動アームは、前記2つ以上の自由度を形成し且つ前記受動アームに外力が付与されることによって動作する2つ以上の受動可動部と、前記2つ以上の受動可動部を介して互いに連結される3つ以上のリンクと、前記受動アームの先端に配置され且つ前記対象物に対して作用を加えるように構成されるエンドエフェクタとを含み、前記ロボットアームと連結される前記受動アームのアーム連結部は、前記エンドエフェクタに配置されてもよい。

20

【0161】

上記態様によると、受動アームの先端が、ロボットアームによって目的位置、目的姿勢又はこれらの組み合わせに移動され得る。受動アームの先端は、ロボットアームの動作に追従して移動する。具体的には、受動アームの先端のエンドエフェクタが、ロボットアームによって目的位置、目的姿勢又はこれらの組み合わせに移動され得る。エンドエフェクタは、ロボットアームの動作に追従して移動する。よって、ロボットアームによる受動アームの動作の制御が容易になる。

30

【0162】

本開示の一態様に係るロボットシステムにおいて、前記受動アームは、前記受動アームの先端に配置され且つ前記対象物に対して作用を加えるように構成されるエンドエフェクタを含み、前記エンドエフェクタは、前記対象物の開閉可能な開閉体に係合可能であってもよい。上記態様によると、受動アームは、ロボットアームによって動作させられ、エンドエフェクタを開閉体に係合させ開閉体を開放又は閉鎖することができる。ロボットアームは、受動アームが開閉体を開放又は閉鎖している状態で対象物に第1動作を行うことができる。

【0163】

本開示の一態様に係るロボットシステムにおいて、前記受動アームは、前記2つ以上の自由度を形成し且つ前記受動アームに外力が付与されることによって動作する2つ以上の受動可動部を含み、前記2つ以上の受動可動部は、回動動作可能である第1回動可動部及び第2回動可動部と、進退動作可能である進退可動部とを含み、前記第1回動可動部の回動軸方向、前記第2回動可動部の回動軸方向、及び前記進退可動部の進退方向は、同方向であり、前記受動アームは、前記第1回動可動部と連結される第1リンクと、前記第1回動可動部及び前記第2回動可動部を連結する第2リンクと、前記第2回動可動部及び前記進退可動部を連結する第3リンクと、前記進退可動部と連結される第4リンクと、前記第4リンクの先端に連結され且つ前記対象物に対して作用を加えるように構成されるエンドエフェクタと、前記第4リンクを前記進退方向で前記進退可動部から離れる方向に付勢する付勢部材とを含み、前記第1リンクは前記受動アームの基端側に位置し、前記第4リン

40

50

クは前記受動アームの先端側に位置し、前記ロボットアームと連結される前記受動アームのアーム連結部は、前記エンドエフェクタ又は前記第4リンクに配置され、前記エンドエフェクタは、前記進退方向と交差する方向に延びる延出部と、前記進退方向で前記進退可動部に向かう方向に前記延出部の先端から突出し且つ前記対象物の窪み又は開口に係合可能である突出部とを含んでもよい。

【0164】

上記態様によると、受動アームは、第1回動可動部及び第2回動可動部の回動軸方向と垂直な方向に、第2リンク及び第3リンクを旋回させることができる。受動アームは、第4リンクを、第3リンクに対して、進退可動部の進退方向である上記回動軸方向に移動させることができる。よって、受動アームは、第4リンクを3次元方向に移動させることができる。

10

【0165】

さらに、第4リンクは、外力を受けていないとき、付勢部材によって、進退方向で進退可動部から離れる方向の所定位置に移動される。受動アームがエンドエフェクタによって対象物に作用を加えるように構成されるため、ロボットアームによる受動アームの動作の制御が容易である。

【0166】

さらに、ロボットアームは、エンドエフェクタ又はその近傍で受動アームと連結される。エンドエフェクタは、ロボットアームの動作に追従して移動する。よって、エンドエフェクタを目的位置、目的姿勢又はこれらの組み合わせに移動するためのロボットアームの動作の制御が容易になる。

20

【0167】

さらに、エンドエフェクタは、突出部の突出方向に移動可能であり、当該移動により突出部を対象物の窪み又は開口に係合させることができる。さらに、突出部が延出部の先端に配置されるため、エンドエフェクタと対象物との接触の低減が可能である。よって、エンドエフェクタを対象物の窪みに係合させるためのロボットアームの動作の制御が容易になる。

【0168】

本開示の一態様に係るロボットシステムにおいて、前記受動アームは、前記2つ以上の自由度を形成し且つ前記受動アームに外力が付与されることによって動作する2つ以上の受動可動部を含み、前記2つ以上の受動可動部は、進退動作可能である進退可動部と、回動動作可能である第1回動可動部及び第2回動可動部とを含み、前記受動アームは、前記進退可動部と連結される第1リンクと、前記進退可動部及び前記第1回動可動部を連結する第2リンクと、前記第1回動可動部及び前記第2回動可動部を連結する第3リンクと、前記第2回動可動部と連結される第4リンクとを含み、前記第1リンクは前記受動アームの基端側に位置し、前記第4リンクは前記受動アームの先端側に位置し、前記第1回動可動部の回動軸方向及び前記第2回動可動部の回動軸方向は、同方向であり、前記進退可動部の進退方向は、前記第1回動可動部の回動軸方向及び前記第2回動可動部の回動軸方向と交差する方向であってもよい。

30

【0169】

上記態様によると、受動アームは、第2から第4リンクの全体を第1リンクに対して進退可動部の進退方向に移動させることができる。受動アームは、第1回動可動部及び第2回動可動部の回動軸方向と垂直な方向に、第3リンク及び第4リンクを旋回させることができる。よって、受動アームは、第2リンクの進退移動と第3リンク及び第4リンクの旋回移動とを含む広範囲な移動を、第4リンクにさせることができる。

40

【0170】

本開示の一態様に係るロボットシステムにおいて、前記第3リンクは平行リンクであり、前記第3リンクは、前記第1回動可動部及び前記第2回動可動部を連結する第1部材と、前記第1部材に沿って延び且つ一端で前記第2リンクに回動可能に連結される第2部材と、一端で前記第2部材の他端と回動可能に連結され且つ他端で第4リンクと一体に回動

50

するように前記第 2 回動可動部と連結される第 3 部材とを含んでもよい。上記態様によると、受動アームは、第 1 部材及び第 2 部材が回動する場合に、第 2 リンクに対する第 4 リンクの姿勢を一定に維持することができる。

【 0 1 7 1 】

本開示の一態様に係るロボットシステムにおいて、受動アームは、前記第 3 リンクと一体に移動するように前記第 3 リンクに連結される荷重体をさらに備え、前記荷重体は、前記第 1 回動可動部を挟んで前記第 3 リンクと反対側に配置されてもよい。

【 0 1 7 2 】

上記態様によると、荷重体は、第 1 回動可動部を中心とする回動方向の荷重を第 3 リンクに与えることができる。例えば、第 1 回動可動部の回動軸方向が水平方向である場合、第 3 リンクは、第 2 回動可動部を下方に移動するような回動方向の作用を重力から受けるが、荷重体は上記回動方向と反対方向への荷重を第 3 リンクに与え得る。これにより、ロボットアームが第 3 リンクを回動させるために受動アームに与える力が低減され、ロボットアームの小型化及び低出力化が可能になる。例えば、荷重体は、所定以上の質量を有する重り等の質量体であってもよく、第 3 リンクに付勢力を与えるばね等の付勢部材であってもよい。

【 0 1 7 3 】

本開示の一態様に係るロボットシステムにおいて、前記受動アームは、前記第 4 リンクの先端に連結され且つ前記対象物に対して作用を加えるように構成されるエンドエフェクタをさらに含み、前記ロボットアームと連結される前記受動アームのアーム連結部は、前記エンドエフェクタ又は前記第 4 リンクに配置され、前記エンドエフェクタは、前記第 4 リンクが延びる方向と交差する方向に延びる延出部と、前記エンドエフェクタから前記第 4 リンクに向かう方向に前記延出部の先端から突出し且つ前記対象物の窪み又は開口に係合可能である突出部とを含んでもよい。

【 0 1 7 4 】

上記態様によると、ロボットアームは、エンドエフェクタ又はその近傍で受動アームと連結される。エンドエフェクタは、ロボットアームの動作に追従して移動する。よって、エンドエフェクタを目的位置、目的姿勢又はこれらの組み合わせに移動するためのロボットアームの動作の制御が容易になる。

【 0 1 7 5 】

さらに、エンドエフェクタは、突出部の突出方向に移動されることによって、突出部を対象物の窪み又は開口に係合させることができる。突出部が延出部の先端に配置されるため、エンドエフェクタと対象物との接触の低減が可能である。よって、エンドエフェクタを対象物の窪み又は開口に係合させるためのロボットアームの動作の制御が容易になる。

【 0 1 7 6 】

本開示の一態様に係る制御方法は、ロボットアーム及び受動アームを含むロボットシステムの制御方法であって、自身で駆動可能である前記ロボットアームに動作させ、前記ロボットアームを前記受動アームに接近させることと、前記ロボットアーム及び前記受動アームのいずれか又は両方に配置され且つ前記ロボットアームと前記受動アームとの連結を検出する第 1 センサの検知信号に基づき前記ロボットアームに動作させ、前記ロボットアームと前記受動アームとを連結することと、2 つ以上の自由度を有する前記受動アームの 2 つ以上の可動部に配置される 2 つ以上の係止装置に係止解除動作させることと、前記ロボットアームに前記受動アームを動作させ、前記受動アームに配置され且つ所定の方に存在する物体を検出する第 2 センサの検知信号に基づき、前記受動アームの係合部を係合させる対象物の係合対象部を検出することと、前記ロボットアームに前記受動アームを動作させ、前記係合対象部に前記係合部を係合させることと、前記ロボットアームに前記係合対象部と係合した前記受動アームを動作させ、前記対象物に動作させることと、前記係止装置に前記受動アームの前記可動部を係止動作させることと、前記第 1 センサの検知信号に基づき前記ロボットアームに動作させ、前記ロボットアームと前記受動アームとの連結を解除することを含む。

【 0 1 7 7 】

上記態様によると、本開示のロボットシステムと同様の効果が得られる。例えば、上記制御方法は、CPU、LSIなどの回路、ICカード又は単体のモジュール等によって、実現されてもよい。本開示の技術は、上記制御方法を実行するためのプログラムであってもよく、上記プログラムが記録された非一時的なコンピュータ読み取り可能な記録媒体であってもよい。上記プログラムは、インターネット等の伝送媒体を介して流通させることができるのは言うまでもない。

【 0 1 7 8 】

本開示の一態様に係る受動アームは、アーム本体と、前記アーム本体に配置され、且つ自身で駆動可能なロボットアームのロボット連結部と連結されるアーム連結部とを備え、前記アーム本体は、前記アーム本体に2つ以上の自由度を与え且つ前記アーム本体に外力が付与されることによって動作する2つ以上の受動可動部を含み、前記アーム連結部は、前記ロボット連結部と連結された状態で前記アーム本体と前記ロボットアームとの相対的な回動を可能にする。

10

【 0 1 7 9 】

上記態様によると、ロボットアームは、アーム本体と連結されている状態で動作することによって、2つ以上の自由度でアーム本体に動作させることができる。このようなアーム本体の受動可動部は、受動可動部を動作させるための駆動装置を不要にする。さらに、ロボットアームは、アーム本体と連結及び連結解除することができる。よって、受動アームは、ロボットアーム単独での対象物に対する作業が困難である場合に当該ロボットアームによって必要に応じて利用されて当該作業を補助することを、簡略な構成により可能にする。

20

【 0 1 8 0 】

さらに、互いに連結状態のロボットアームとアーム本体とは、ロボット連結部において互いに対して回動可能であるため、ロボットアームの動作に追従してアーム本体に動作させるための構成が簡易になる。ロボット連結部及びアーム連結部が互いに対して回動可能であるよう構成されてもよく、ロボット連結部自体が回動可能であるように構成されてもよく、アーム連結部自体が回動可能であるように構成されてもよい。

【 0 1 8 1 】

本明細書で開示する要素の機能は、開示された機能を実行するよう構成又はプログラムされた汎用プロセッサ、専用プロセッサ、集積回路、ASIC、従来の回路、及び/又は、それらの組み合わせ、を含む回路又は処理回路を使用して実行できる。プロセッサは、トランジスタやその他の回路を含むため、処理回路又は回路と見なされる。本開示において、回路、ユニット、又は手段は、列挙された機能を実行するハードウェアであるか、又は、列挙された機能を実行するようにプログラムされたハードウェアである。ハードウェアは、本明細書に開示されているハードウェアであってもよいし、あるいは、列挙された機能を実行するようにプログラム又は構成されているその他の既知のハードウェアであってもよい。ハードウェアが回路の一種と考えられるプロセッサである場合、回路、手段、又はユニットはハードウェアとソフトウェアの組み合わせであり、ソフトウェアはハードウェア及び/又はプロセッサの構成に使用される。

30

40

【 0 1 8 2 】

上記で用いた序数、数量等の数字は、全て本開示の技術を具体的に説明するために例示するものであり、本開示は例示された数字に制限されない。構成要素間の接続関係は、本開示の技術を具体的に説明するために例示するものであり、本開示の機能を実現する接続関係はこれに限定されない。

【 0 1 8 3 】

機能ブロック図におけるブロックの分割は一例であり、複数のブロックを一つのブロックとして実現する、一つのブロックを複数に分割する、一部の機能を他のブロックに移す、又はこれらの2つ以上を組み合わせてもよい。類似する機能を有する複数のブロックの機能を単一のハードウェア又はソフトウェアが並列又は時分割に処理してもよい。

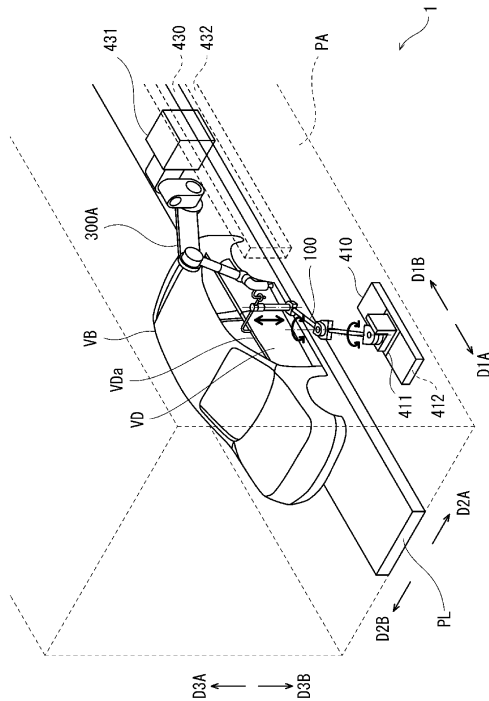
50

【 0 1 8 4 】

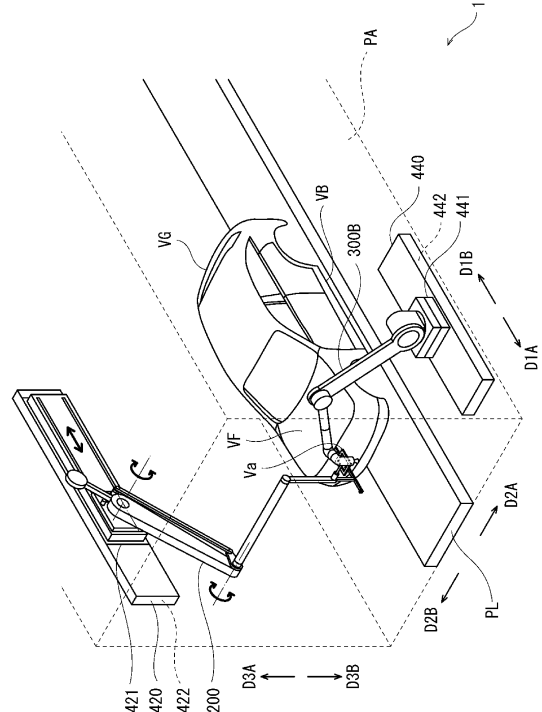
本開示は、その本質的な特徴の精神から逸脱することなく、様々なかたちで実施され得るように、本開示の範囲は、明細書の記載よりも添付の請求項によって定義されるため、例示的な実施の形態及び変形例は、例示的なものであって限定的なものではない。請求項及びその範囲内にあるすべての変更、又は、請求項及びその範囲の均等物は、請求項によって包含されることが意図されている。

【図面】

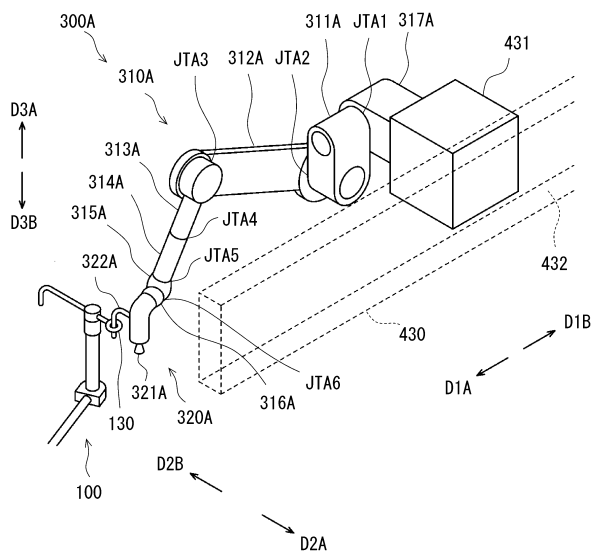
【 図 1 】



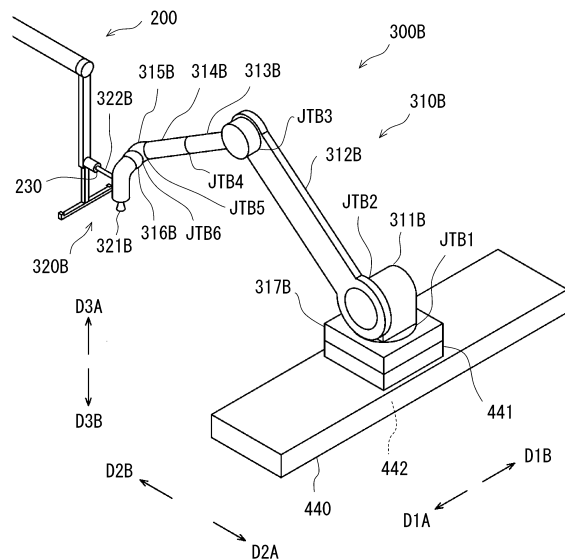
【圖 2】



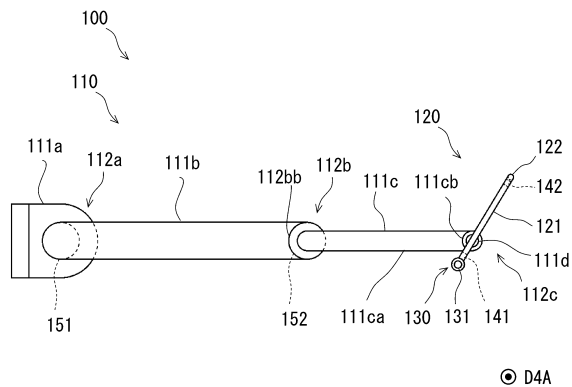
【 図 3 】



【圖 4】

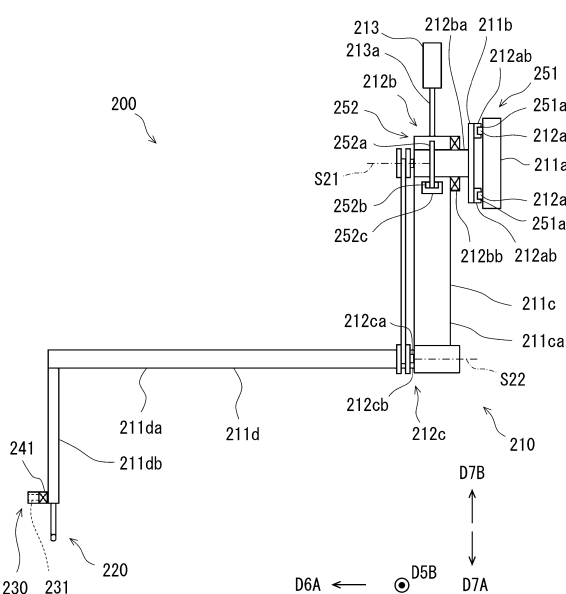


【 図 6 】



10

【圖 8】



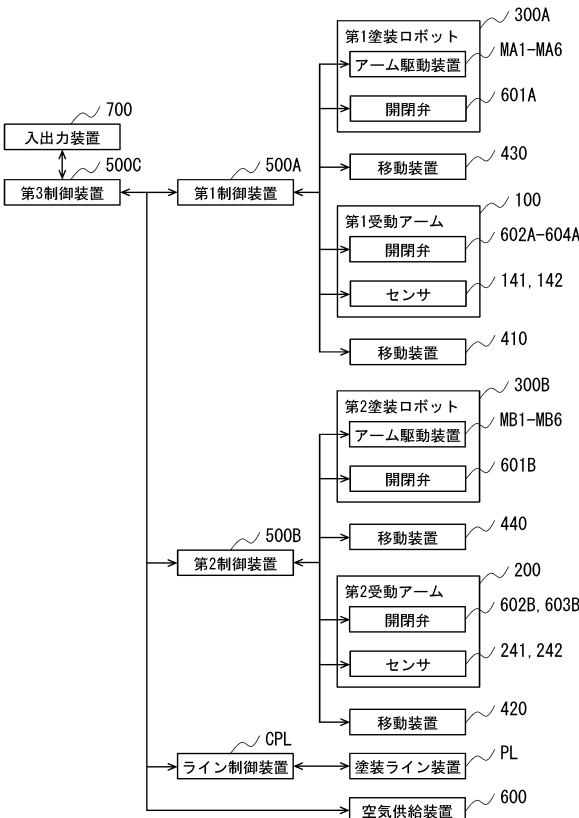
20

30

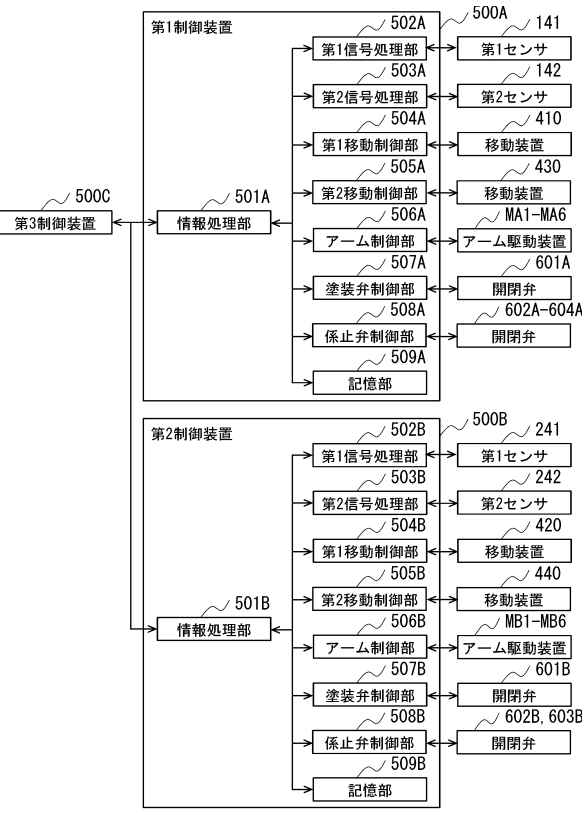
40

50

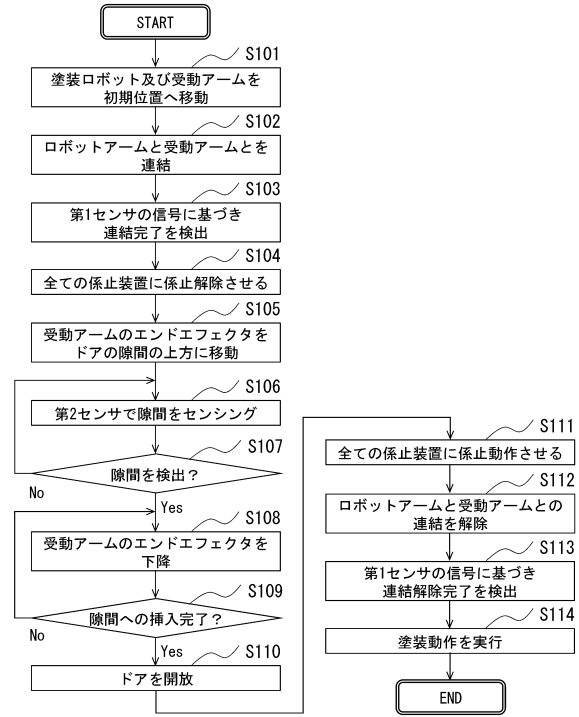
【図 9】



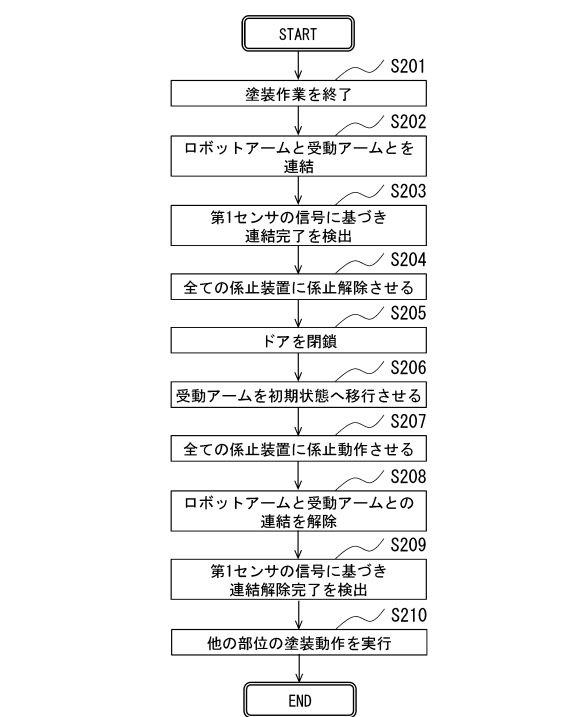
【図 10】



【図 11】



【図 12】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(56)参考文献 特開昭 6 3 - 2 6 7 1 8 0 (J P , A)
 国際公開第 2 0 0 8 / 1 0 8 4 0 1 (W O , A 1)
 特開昭 6 0 - 2 0 1 8 4 5 (J P , A)
 特開平 0 9 - 0 0 1 4 9 2 (J P , A)
 特開平 0 6 - 0 5 5 4 8 4 (J P , A)
 特開平 0 8 - 0 6 6 8 8 9 (J P , A)
 国際公開第 2 0 1 1 / 0 5 5 7 6 6 (W O , A 1)
 国際公開第 2 0 1 0 / 0 9 1 7 2 2 (W O , A 1)
 特開 2 0 1 9 - 0 4 8 3 6 4 (J P , A)
 特開 2 0 1 3 - 0 3 1 8 9 0 (J P , A)
 特開 2 0 1 8 - 1 2 2 3 6 7 (J P , A)
(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
 B 2 5 J 1 / 0 0 - 2 1 / 0 2
 B 6 2 D 6 5 / 0 0 - 6 5 / 1 8