

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6088563号
(P6088563)

(45) 発行日 平成29年3月1日(2017.3.1)

(24) 登録日 平成29年2月10日(2017.2.10)

(51) Int.Cl. F I
B 2 5 J 13/08 (2006.01) B 2 5 J 13/08 A

請求項の数 4 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2015-24370 (P2015-24370)	(73) 特許権者	390008235
(22) 出願日	平成27年2月10日 (2015.2.10)		ファナック株式会社
(65) 公開番号	特開2016-147327 (P2016-147327A)		山梨県南部留郡忍野村忍草字古馬場358
(43) 公開日	平成28年8月18日 (2016.8.18)		〇番地
審査請求日	平成27年12月14日 (2015.12.14)	(74) 代理人	100099759
早期審査対象出願			弁理士 青木 篤
前置審査		(74) 代理人	100102819
			弁理士 島田 哲郎
		(74) 代理人	100123582
			弁理士 三橋 真二
		(74) 代理人	100112357
			弁理士 廣瀬 繁樹
		(74) 代理人	100157211
			弁理士 前島 一夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 位置及び姿勢の変換演算機能を備えたワーク取出しロボットシステム、及びワーク取出し方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

バラ積みされた複数の、円柱形状を有するワークを取出すワーク取出しロボットシステムであって、

前記複数のワークの高さ分布に関する情報を取得する視覚センサと、

前記ワークを把持可能なハンドを有するロボットと、

前記視覚センサによって取得されたワークの高さ分布に関する情報に基づいてワークの表面上に規定された第1の検出座標系を求め、前記第1の検出座標系に基づいて、前記ハンドによってワークを取出すための前記ロボットの動作を求める機能を備えた演算装置と、

前記演算装置により求められた前記ロボットの動作に基づいて前記ハンドを移動させ、取出し対象のワークを取出すように前記ロボットを制御するロボット制御装置と、を備え、

前記演算装置は、前記第1の検出座標系を、前記ワークの中心軸線回りの回転移動によって第2の検出座標系に変換する変換演算を行う機能を有し、前記変換演算を行った場合は前記第2の検出座標系に基づいて、前記ハンドによってワークを取出すための前記ロボットの動作を求め、

前記ワークの半径及び前記ワークの中心軸線回りの回転角度を数値で指定又は入力できるようにした、ワーク取出しロボットシステム。

【請求項2】

前記演算装置は、前記第1の検出座標系に基づいて求めた前記ロボットの動作に基づいて前記ハンドを移動させると前記ロボットが取出し対象のワーク以外の物体と干渉する場合に、前記第1の検出座標系を前記第2の検出座標系に変換する、請求項1に記載のワーク取出しロボットシステム。

【請求項3】

バラ積みされた複数の、円柱形状を有するワークを、ハンドを備えたロボットによって取出す方法であって、

前記複数のワークの高さ分布に関する情報を取得することと、

前記ワークの高さ分布に関する情報に基づいてワークの表面上に規定された第1の検出座標系を求めることと、

前記第1の検出座標系を、前記ワークの中心軸線回りの回転移動によって第2の検出座標系に変換する変換演算を行うことと、

前記第2の検出座標系に基づいて、前記ハンドによってワークを取出すための前記ロボットの動作を求めることと、

求められた前記ロボットの動作に基づいて前記ハンドを移動させ、取出し対象のワークを取出すように前記ロボットを制御することと、

前記ワークの半径及び前記ワークの中心軸線回りの回転角度を数値で指定又は入力することと、を含むワーク取出し方法。

10

【請求項4】

前記第1の検出座標系に基づいて求めた前記ロボットの動作に基づいて前記ハンドを移動させたときに、前記ロボットが取出し対象のワーク以外の物体との干渉を判定することを含む、請求項3に記載のワーク取出し方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ロボットで取り出すべきワークの位置及び姿勢に関する変換演算機能を備えたワーク取出しロボットシステム、並びに該変換演算を行いワークを取り出す取出し方法に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、バラ積み（積載）された複数のワークを、ロボットが1つずつ取出すロボットシステムでは、ワークの位置及び姿勢（以降、位置姿勢とも称する）をセンサで検出し、ロボットが検出した位置姿勢にハンドを移動しワークを保持して取出す。これに関する周知技術例として、特許文献1には、ワークコンテナ内の複数個の同種のワークを把持して取出すように構成されたロボット、該ロボットを制御するロボットコントローラ、ワークコンテナの略真上に配置されてワークを広範囲に撮像するビデオカメラ、及び該ビデオカメラが撮像した画像を処理する画像処理装置を有するワーク取出し装置が記載されている。

30

【0003】

また特許文献2には、教示作業に要する時間を短縮するために、ワークの形状データから、ロボットハンドによるワークの把持候補位置を自動的に選出し、選出された把持候補位置に基づいて、ロボットハンドがワークにアプローチする把持経路を生成することを企図した装置及び方法が記載されている。

40

【0004】

さらに特許文献3には、ロボットの作業計画装置が開示されており、ここでは、対象物の初期状態及び目標状態とロボットハンドの幾何学形状等に基づいて、対象物を把握及び載置可能な載置把握候補を算出し、算出された載置把握候補の把握位置を中心とした空間錐の中から障害物と干渉しない開放空間錐を選択し、選択された各開放空間錐について非開放空間錐からの距離を求め、この結果に基づいて載置把握候補の中から把握作業を行う際の作業空間の最も広い載置把握位置姿勢を選択する、と記載されている。

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2007-203406号公報

【特許文献2】特開2008-272886号公報

【特許文献3】特開平05-104465号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

多くの場合、ワークの位置姿勢を検出するセンサは、積載されたワークを全て検出できるように、該ワークの上方に設置される。従って、積載されたワークの中から複数の検出結果が取得でき、その中から取出すワークの優先順位を定め、その優先順位に従ってロボットがワークを取出すことができる。しかしこのような処理は、ワークを上方から撮像した結果（画像）に基づいて行われるため、最も上方に位置するワークがハンドとコンテナとが干渉する等の理由で取出すことができない場合、そのすぐ下方にあるワークも最も上方のワークが邪魔になり取出すことができず、結果として複数のワークが取り残しになってしまうという問題がある（後述する図4a～図6b参照）。

10

【0007】

上述の特許文献1～3等に記載の構成において、上記問題を解決するためには、予め登録したワークの幾何形状から把持位置を算出する方法や、検出されたワークと予め登録したワークの3次元モデルとのマッチングを行う方法により、ロボットが干渉せずに把持可能なワークの部位を特定することは可能である。しかし、このような方法では、ワークの3次元モデルを事前に登録・記憶する作業等が必要であり、特にワークの品種が多種に及び場合は多大な手間となる。

20

【0008】

そこで本発明は、バラ積みされた複数のワークを逐次的にロボットで取出す際に、簡易な計算で容易に干渉回避でき、効率的に取出しが行えるワーク取出しロボットシステム及びワーク取出し方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記目的を達成するために、本願第1の発明は、バラ積みされた複数のワークを取出すワーク取出しロボットシステムであって、前記複数のワークの高さ分布に関する情報を取得する視覚センサと、前記ワークを把持可能なハンドを有するロボットと、前記視覚センサによって取得されたワークの高さ分布に関する情報に基づいてワークの第1の位置姿勢を求め、前記第1の位置姿勢に基づいて、前記ハンドによってワークを取出すための前記ロボットの動作を求める機能を備えた演算装置と、前記演算装置により求められた前記ロボットの動作に基づいて前記ハンドを移動させ、取出し対象のワークを取出すように前記ロボットを制御するロボット制御装置と、を備え、前記演算装置は、前記第1の位置姿勢を、ワークの形状に基づいて定められる姿勢変換情報に基づいて第2の位置姿勢に変換する変換演算を行う機能を有し、前記変換演算を行った場合は前記第2の位置姿勢に基づいて、前記ハンドによってワークを取出すための前記ロボットの動作を求める、ワーク取出しロボットシステムを提供する。

30

40

【0010】

第2の発明は、第1の発明において、前記姿勢変換情報は、前記ワークの半径及び前記ワークの中心軸線回りの回転角度である、ワーク取出しロボットシステムを提供する。

【0011】

第3の発明は、第1又は第2の発明において、前記姿勢変換情報を数値で指定又は入力できるようにした、ワーク取出しロボットシステムを提供する。

【0012】

第4の発明は、第1～第3のいずれか1つの発明において、前記演算装置は、前記第1

50

の位置姿勢に基づいて求めた前記ロボットの動作に基づいて前記ハンドを移動させると前記ロボットが取出し対象のワーク以外の物体と干渉する場合に、前記第 1 の位置姿勢を前記第 2 の位置姿勢に変換する、ワーク取出しロボットシステムを提供する。

【 0 0 1 3 】

第 5 の発明は、バラ積みされた複数のワークを、ハンドを備えたロボットによって取出す方法であって、前記複数のワークの高さ分布に関する情報を取得することと、前記ワークの高さ分布に関する情報に基づいてワークの第 1 の位置姿勢を求めることと、前記第 1 の位置姿勢を、ワークの形状に基づいて定められる姿勢変換情報に基づいて第 2 の位置姿勢に変換する変換演算を行うことと、前記第 2 の位置姿勢に基づいて、前記ハンドによってワークを取出すための前記ロボットの動作を求めることと、求められた前記ロボットの動作に基づいて前記ハンドを移動させ、取出し対象のワークを取出すように前記ロボットを制御することと、を含むワーク取出し方法を提供する。

10

【 0 0 1 4 】

第 6 の発明は、第 5 の発明において、前記姿勢変換情報は、前記ワークの半径及び前記ワークの中心軸線回りの回転角度である、ワーク取出し方法を提供する。

【 0 0 1 5 】

第 7 の発明は、第 5 又は第 6 の発明において、前記姿勢変換情報を数値で指定又は入力することを含む、ワーク取出し方法を提供する。

【 0 0 1 6 】

第 8 の発明は、第 5 ~ 第 7 のいずれか 1 つの発明において、前記第 1 の位置姿勢に基づいて求めた前記ロボットの動作に基づいて前記ハンドを移動させたときに、前記ロボットが取出し対象のワーク以外の物体との干渉を判定することを含む、ワーク取出しワーク取出し方法を提供する。

20

【発明の効果】

【 0 0 1 7 】

本発明によれば、視覚センサで得られた高さ分布に基づいて求めたワークの第 1 の位置姿勢を、姿勢変換情報に基づいて簡単に第 2 の位置姿勢に変換できるので、干渉を生じずにロボットでワークを取出す動作を、複雑な計算をせずに求めることができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 8 】

【図 1】本発明の一実施形態に係るワーク取出しロボットシステムの概略構成を示す図である。

30

【図 2】複数のワークがコンテナ内にバラ積みされた状態の一例を示す図である。

【図 3】コンテナの上方に配置されたカメラでワークを撮像して得られる画像の一例である。

【図 4 a】従来の方法で最上段のワークをロボットで取出す場合を示す図である。

【図 4 b】図 4 a の A 部の部分拡大図である。

【図 5 a】従来の方法で 2 段目のワークをロボットで取出す場合を示す図である。

【図 5 b】図 5 a の B 部の部分拡大図である。

【図 6 a】従来の方法で 3 段目のワークをロボットで取出す場合を示す図である。

40

【図 6 b】図 6 a の C 部の部分拡大図である。

【図 7】ワークが円柱形状の場合の変換演算の一例を説明する図である。

【図 8】図 7 の変換演算結果に基づいて、ロボットで対象ワークを取出す例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 9 】

図 1 は、本願発明の好適な実施形態に係るワーク取出しロボットシステム 10 の概略構成を示す図である。ロボットシステム 10 は、ロボット 12 と、ロボット 12 を制御するロボット制御装置 14 と、ロボット制御装置 14 に接続された視覚センサ（カメラ） 16 とを有し、複数の（図示例では同種の）ワーク 18 がバラ積み（山積み）されたコンテナ

50

(箱) 20 からワーク 18 を一つずつ把持して取り出すために使用される。

【0020】

ロボット 12 は、ロボットアーム 22 等の可動部と、ロボットアーム 22 の先端に取り付けられたロボットハンド 24 等のワーク把持部とを有し、ロボットハンド 24 はコンテナ 20 内のワーク 18 (図示例では、略円柱形状のワーク 18 の側面) を把持できるように構成されている。なおここでの「把持」には、挟持の他、磁力や減圧を利用した吸着等、(通常は 1 つの) ワークを保持できる如何なる形態も含まれるものとする。

【0021】

カメラ 16 は、コンテナ 20 内に積載されたワーク 18 の 2 次元画像を撮像することができる。得られた 2 次元画像は、画像処理機能を備えたロボット制御装置 14、又は他の画像処理装置に送られて処理され、これにより各ワークの位置姿勢が検出される。なお図示例では、カメラ 16 は専用の架台 26 等の固定位置に、その視野内にコンテナ 20 全体が入るように設置されているが、ロボットアーム 22 又はロボットハンド 24 等の可動部に取り付けてもよい。

【0022】

図 2 は、複数のワーク 18 がコンテナ 20 内にバラ積みされた状態の一例を示しており、ここでは、複数のワーク 18 のうち、ワーク 18 a が最も上方(最上段)に位置し、ワーク 18 b が部分的にワーク 18 a の下方(2 段目)に位置し、さらにワーク 18 c が部分的にワーク 18 b の下方(3 段目)に位置しているものとする。換言すれば、図 3 に示すように、コンテナ 20 の上方に配置されたカメラ 16 でコンテナ 20 内を撮像した場合、ワーク 18 a とワーク 18 b とが部分的に重なり(ワーク 18 a が上側)、ワーク 18 b とワーク 18 c とが部分的に重なっている(ワーク 18 b が上側)画像が得られることになる。

【0023】

また図 2 は、カメラ 16 によって得られる各ワーク表面の高さ分布に関する情報に基づいて、ワーク毎に検出位置を求めた状態を示している。図示例では、カメラ 16 によって得られた画像の画像処理結果に基づいて、ワーク 18 a、18 b 及び 18 c の円筒状側面上に検出座標系 28 a、28 b 及び 28 c がそれぞれ規定されており、ロボット制御装置 14 はこれらの検出座標系(ワークの位置姿勢)に基づいて、ワークを取り出すためのロボットの動作を求めることができる。なお各座標系の X 方向は各ワークの軸方向に平行であり、Z 方向は各ワークの半径方向と一致しており、Y 方向は X 方向及び Z 方向の双方に垂直な方向となっている。

【0024】

図 4 a ~ 図 6 b は、本発明との比較例として、従来の方法でワーク 18 a ~ 18 c をロボットで取出す場合を示す。上述のように、ワーク 18 a ~ 18 c のうちワーク 18 a が最上段に位置しているため、ロボット制御装置 14 は先ず、最上段のワーク 18 a を取り出すためのロボット 12 の動作を求める。しかし、図 4 a 及び図 4 a の部分拡大図である図 4 b に示すように、ハンド 24 がコンテナ 20 と干渉するためにワーク 18 a が取り出せない場合がある。

【0025】

するとロボット制御装置 14 は、2 段目のワーク 18 b を取り出すためのロボット 12 の動作を求める。しかし、図 5 a 及び図 5 a の部分拡大図である図 5 b に示すように、ハンド 24 が最上段のワーク 18 a と干渉するためにワーク 18 b が取り出せないことがある。するとさらにロボット制御装置 14 は、3 段目のワーク 18 c を取り出すためのロボット 12 の動作を求める。しかし、図 6 a 及び図 6 a の部分拡大図である図 6 b に示すように、ハンド 24 が 2 段目のワーク 18 b と干渉するためにワーク 18 c が取り出せない場合がある。

【0026】

このように、従来の方法では、各ワークを上方から撮像するために各ワークの上部(側面のうち上側の部位)に検出座標系が設定されるので、これに基づいてワークを取り出そ

10

20

30

40

50

うとすると、コンテナ 20 や対象ワークの上に重なっているワークとハンド 24 との間の干渉によって、ワーク 18 a ~ 18 c のいずれについてもロボットの動作が決定できない（ワークの取り残しが発生する）場合がある。

【0027】

そこでロボットシステム 10 は、カメラ 16 により得られた画像の画像処理によってワーク 18 の表面上に規定された第 1 の検出座標系（第 1 の位置姿勢）を、ワーク 18 の形状に基づいて定められる姿勢変換情報（後述）に基づいて、ロボットと取出し対象ワーク以外の物体との干渉が生じない第 2 の検出座標系（第 2 の位置姿勢）に変換する変換演算を行う演算装置を有し、（本実施形態では、ロボット制御装置 14 が該演算装置又はその機能を具備する）。変換演算が行われた場合は第 2 の検出座標系に基づいてロボット 12 の動作制御が行われる。以下、その具体例を説明する。

10

【0028】

図 7 は、ワーク 18 が円柱形状を有する場合の、変換演算の一例を説明する図である。まず、カメラ 16 により得られたワーク 18 の高さ分布に関する情報に基づいて、ワーク 18 の表面（側面）上に、ロボットの取出し動作を定めるための第 1 の検出座標系 30 を規定する。ここで、第 1 の検出座標系 30 の原点はワーク 18 の側面上にあり、その X 軸はワーク 18 の軸方向に平行であり、Y 軸及び Z 軸はそれぞれ、ワーク 18 の接線方向及び半径方向（法線方向）に延びる。また図 7 に記載の平面 32 は、ロボット 12 の動作決定や補正に使用する座標系（ロボット座標系 34（図 1 参照））の X - Y 面を表す。

【0029】

20

ここで、図 7 からわかるように、第 1 の検出座標系 30 の X - Z 平面 36 は、ロボット座標系の X - Y 平面 32 に対して垂直であるとは限らない。そこで、第 1 の検出座標系 30 を、その Z 軸のマイナス方向に所定量（ここではワーク 18 の半径に相当する距離 R）だけ平行移動させた後、X - Z 平面 36 とロボット座標系の X - Y 平面 32 とがなす角度が垂直になるように、ワーク 18 の X 軸 38 回りに X - Z 平面 36 を回転して得られる座標系をワーク座標系 40 とする。この結果、X - Z 平面 36 は X - Z 平面 42 に回転移動する。

【0030】

次に、ワーク座標系 40（X - Z 平面 42）を、その X 軸回りに目標角度 だけ回転させ、その後、ワーク座標系 40 を Z 軸のプラス方向にワーク 18 の半径 R だけ平行移動させ、得られた座標系を第 2 の検出座標系 44 として出力する。この結果、X - Z 平面 42 は X - Z 平面 46 に回転移動する。つまり、第 2 の検出座標系 44 は、第 1 の検出座標系 30 を、ワーク座標系 40 の X 軸回りに回転移動させたものに相当し、図 7 での目標角度は、第 1 の検出座標系 30 における X - Z 平面 36 とロボット座標系の X - Y 平面 32 とがなす角度である。

30

【0031】

図 8 は、図 2 におけるワーク 18 b に対して、図 7 を用いて説明した変換演算によって得られた第 2 の検出座標系 44 に基づいてロボット 12 の取出し動作を求め、これに基づいてロボット 12 を制御した例を示す図である。図 2 又は図 3 に示したように、従来ではワーク 18 b の上方に第 1 の検出座標系が設定され、これに基づいてロボット 12 を動作させるとハンド 24 がワーク 18 a と干渉していたが、本発明によれば、第 1 の検出座標系がワーク 18 b の側方の第 2 の検出座標系に変換されるので、これに基づいてロボット 12 を動作させることにより、干渉なくワーク 18 b を取出すことができるようになる。

40

【0032】

このように本発明では、ワークの半径と目標角度を指定・入力しておくだけで、ワークに規定された検出座標系を、ロボットが取出す際に干渉が生じ難い位置に簡単に移動（変換）することができる。なお図 8 の例では、最上段のワーク 18 a が干渉によって取出しできない場合に 2 段目のワーク 18 b に関する変換演算を行っているが、その前に最上段のワーク 18 a について変換演算を行ってもよい。但し、2 段目のワーク 18 b の取出しが成功すれば、最上段のワーク 18 a の位置姿勢は変化する（荷崩れする）ので、最上段

50

のワーク 18 a が従来の方法で取出しできない場合 (図 4 a) は直ちに 2 段目のワーク 18 b の取出しを行うことが好ましい。

【0033】

上述の目標角度は、制御装置 14 等に設けた適当な入力装置を介してオペレータが数値で指定又は入力してもよいし、制御装置 14 等に設けた適当なディスプレイを介した視覚的操作によってオペレータが指定又は入力してもよい。或いは、適当な角度の刻み幅 (例えば 5 ~ 10 °) を予め定めておき、干渉が生じる場合はその刻み幅だけ検出座標系を回転させて干渉の有無を再度チェックする、という処理を干渉がなくなるまで自動で行うこともできる。この場合、目標角度を予め指定又は入力しなくとも、自動で変換演算を行うことが可能である。

10

【0034】

変換演算は、コンテナ又は取出し対象以外のワークとロボットとの干渉が生じると判定された場合に行ってもよいが、干渉の有無を判定することなく姿勢変換情報 (ワークの半径や目標角度) に従って変換演算を行ってもよい。その場合は、目標角度は予めオペレータが設定しておくことが好ましい。

【0035】

上述の実施形態では、ワークが円柱形状であり、姿勢変換情報がワークの半径及び目標角度 (ワークの中心軸線回りの回転角度) である場合を説明したが、本発明はこれに限られない。例えば、ワークがボルトのような略円柱形状を部分的に有する場合も、その略円柱状部分について図 8 の例と同様の方法で変換演算が可能である。またワークが角柱形状を有する場合は、ワークの半径として相当半径 (相当直径の 1 / 2) 又はワーク表面と中心軸線との最短距離を利用すれば、図 8 と同様の処理が可能である。さらに、またロボットハンドとして、ワーク把持部が球面であって実質点接触によってワークを吸引するタイプや、フローティング機構を介して吸盤を具備するタイプのものを使用すれば、ワークの形状が厳密な円柱ではない場合であっても、ワークを円柱に近似すれば本発明が適用可能である。このように本発明では、ワークの「半径」なる語は、ワークが円柱である (又は円柱を部分的に有する) 場合に加え、ワークを円柱に近似した場合の該円柱の半径も含まれるものとする。

20

【符号の説明】

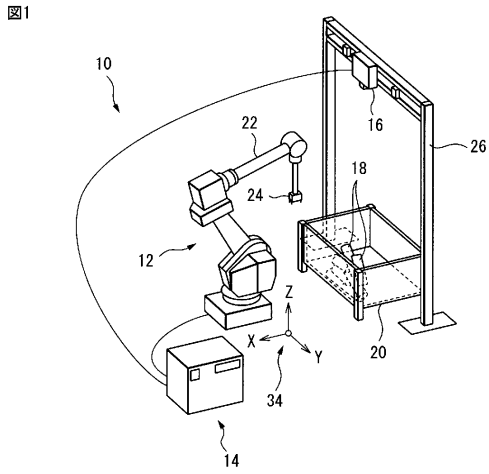
【0036】

- 10 ロボットシステム
- 12 ロボット
- 14 ロボット制御装置
- 16 カメラ
- 18、18 a、18 b、18 c ワーク
- 20 コンテナ
- 22 ロボットアーム
- 24 ロボットハンド
- 26 架台
- 28 a、28 b、28 c 検出座標系
- 30 第 1 の検出座標系
- 34 ロボット座標系
- 40 ワーク座標系
- 44 第 2 の検出座標系

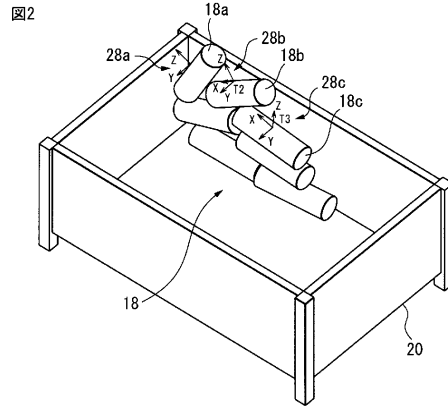
30

40

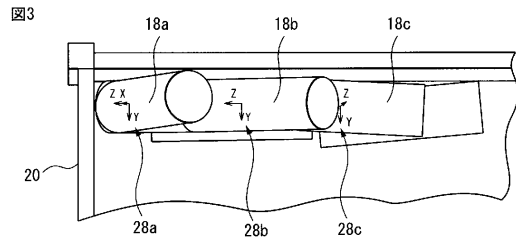
【 図 1 】



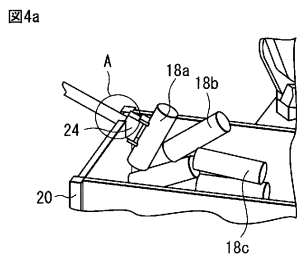
【 図 2 】



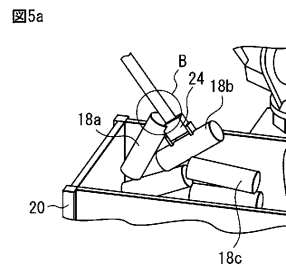
【 図 3 】



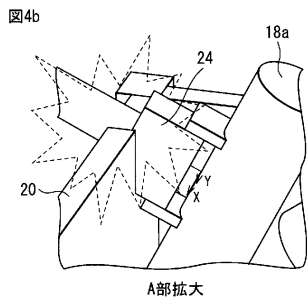
【 図 4 a 】



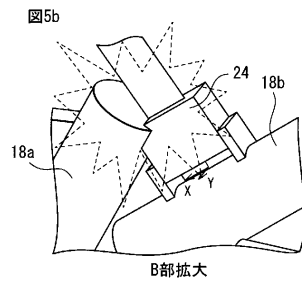
【 図 5 a 】



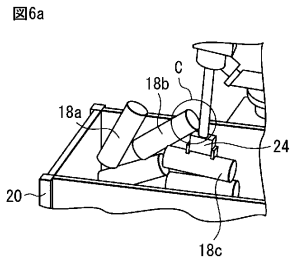
【 図 4 b 】



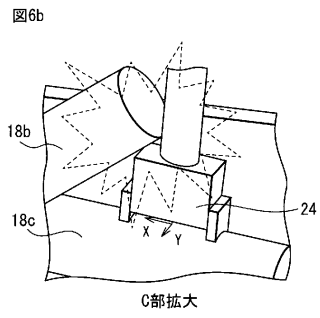
【 図 5 b 】



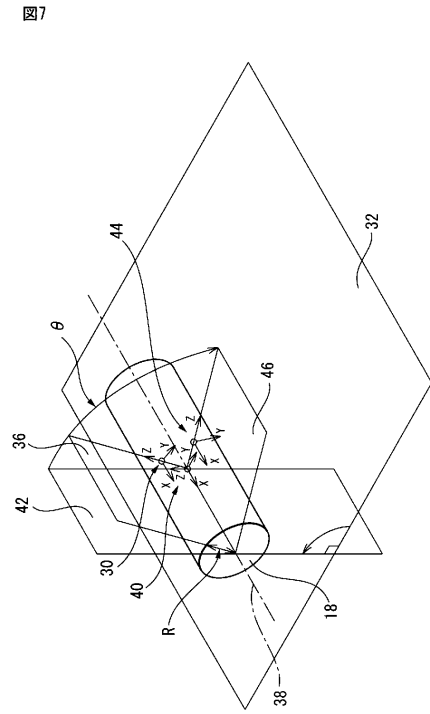
【 図 6 a 】



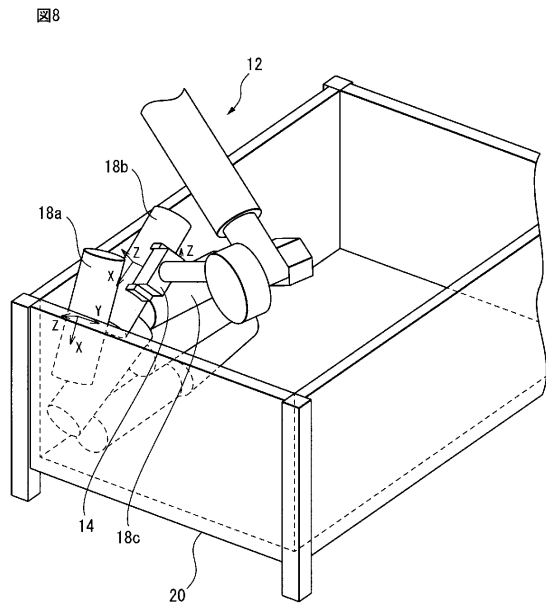
【 図 6 b 】



【 図 7 】



【 図 8 】



フロントページの続き

(72)発明者 鈴木 忠則

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内

審査官 中田 善邦

(56)参考文献 特開2014-054715(JP,A)

特開2005-305613(JP,A)

特開2011-093014(JP,A)

特開2015-009314(JP,A)

特開平04-093191(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B25J1/00-21/02