

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7701465号
(P7701465)

(45)発行日 令和7年7月1日(2025.7.1)

(24)登録日 令和7年6月23日(2025.6.23)

(51)国際特許分類		F I		
B 2 1 D	5/00 (2006.01)	B 2 1 D	5/00	
B 2 1 D	5/02 (2006.01)	B 2 1 D	5/02	P
B 2 5 J	9/22 (2006.01)	B 2 5 J	9/22	A
G 0 5 B	19/409 (2006.01)	G 0 5 B	19/409	C

請求項の数 6 (全10頁)

(21)出願番号	特願2023-556063(P2023-556063)	(73)特許権者	390008235
(86)(22)出願日	令和3年10月29日(2021.10.29)		ファナック株式会社
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/040136		山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3 5
(87)国際公開番号	WO2023/073959		8 0 番地
(87)国際公開日	令和5年5月4日(2023.5.4)	(74)代理人	100099759
審査請求日	令和6年5月15日(2024.5.15)		弁理士 青木 篤
		(74)代理人	100123582
			弁理士 三橋 真二
		(74)代理人	100112357
			弁理士 廣瀬 繁樹
		(72)発明者	稲垣 聡
			山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3 5
			8 0 番地 ファナック株式会社内
		審査官	永井 友子

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 作業支援装置及び作業支援方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

ロボットが曲げ加工を行う曲げ線を含む作業対象面を有する対象物を、前記作業対象面に垂直な方向に投影して、前記作業対象面に平行な投影図を仮想空間内に作成する投影図作成機能と、

前記投影図上において前記曲げ線を指定する作業部位指定機能と、

前記投影図上に指定された前記曲げ線の位置を、前記仮想空間内の位置に変換する作業部位変換機能と、

を有し、
前記曲げ線は前記対象物と前記仮想空間内の仮想平面との交線であり、前記仮想平面の法線方向は前記仮想空間内のロボット座標系のいずれの軸方向とも一致しない、作業支援装置。

【請求項2】

前記対象物を包含する有向バウンディングボックスを作成し、前記投影図は、前記有向バウンディングボックスのうち最も短い辺の方向に前記対象物を投影することで作成される、請求項1に記載の作業支援装置。

【請求項3】

ロボットが作業を行う作業対象部位を含む作業対象面を有する対象物を、前記作業対象面に垂直な方向に投影して、前記作業対象面に平行な投影図を仮想空間内に作成する投影図作成機能と、

前記投影図上において前記作業対象部位を指定する作業部位指定機能と、
前記投影図上に指定された前記作業対象部位の位置を、前記仮想空間内の位置に変換する作業部位変換機能と、を有する作業支援装置であって、

前記投影図上の前記作業対象部位は、前記投影図上の前記作業対象部位と、対応する前記対象物上の前記作業対象部位との距離に基づいて、視覚的に識別できるように表示される、作業支援装置。

【請求項 4】

前記作業は前記対象物の取り出し動作であり、前記作業対象部位は前記ロボットが前記対象物を保持する部位である、請求項 3 に記載の作業支援装置。

【請求項 5】

ロボットが曲げ加工を行う曲げ線を含む作業対象面を有する対象物を、前記作業対象面に垂直な方向に投影して、前記作業対象面に平行な投影図を仮想空間内に作成することと、
前記投影図上において前記曲げ線を指定することと、

前記投影図上に指定された前記曲げ線の位置を、前記仮想空間内の位置に変換することと、
を含み、

前記曲げ線は前記対象物と前記仮想空間内の仮想平面との交線であり、前記仮想平面の法線方向は前記仮想空間内のロボット座標系のいずれの軸方向とも一致しない、作業支援方法。

【請求項 6】

ロボットが作業を行う作業対象部位を含む作業対象面を有する対象物を、前記作業対象面に垂直な方向に投影して、前記作業対象面に平行な投影図を仮想空間内に作成することと、

前記投影図上において前記作業対象部位を指定することと、

前記投影図上に指定された前記作業対象部位の位置を、前記仮想空間内の位置に変換することと、

前記投影図上の前記作業対象部位を、前記投影図上の前記作業対象部位と、対応する前記対象物上の前記作業対象部位との距離に基づいて、視覚的に識別できるように表示することと、

を含む、作業支援方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ロボットに行わせるべき作業を支援する装置及び方法に関する。

【背景技術】

【0002】

ロボットを使用した種々の動作を、シミュレーション装置を用いて予めシミュレートする技術が知られている。例えば、ロボットでワークを把持して曲げ機械に供給する曲げ加工において、ワークの展開図を表示して作業者がワークの曲げ順を決定できるようにしたシミュレーション技術が周知である（例えば特許文献 1 を参照）。

【0003】

また、対象物の 3 次元 CAD データを用いて 2 次元の投影データを取得することで、必要とされる部分の NC データのみを選択的に作成できるようにした技術が周知である（例えば特許文献 2 を参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開 2004-082216 号公報

【文献】特開平 05-088732 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ワークの曲げ線等、ロボットによる作業の対象物においてその作業を行うべき部位を、作業者が端末等を利用して指定する場合、対象物をどのような形で表示するかで作業の難易度は大きく異なる。例えば、3次元の物体であるワークは、ある方向に投影した2次元画像で表した方が位置等の指定がしやすいが、最適な投影方向を作業者の熟練度に依らず決定することは困難である。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本開示の一態様は、ロボットが曲げ加工を行う曲げ線を含む作業対象面を有する対象物を、前記作業対象面に垂直な方向に投影して、前記作業対象面に平行な投影図を仮想空間内に作成する投影図作成機能と、前記投影図上において前記曲げ線を指定する作業部位指定機能と、前記投影図上に指定された前記曲げ線の位置を、前記仮想空間内の位置に変換する作業部位変換機能と、を有し、前記曲げ線は前記対象物と前記仮想空間内の仮想平面との交線であり、前記仮想平面の法線方向は前記仮想空間内のロボット座標系のいずれの軸方向とも一致しない、作業支援装置である。

【0007】

本開示の他の態様は、ロボットが曲げ加工を行う曲げ線を含む作業対象面を有する対象物を、前記作業対象面に垂直な方向に投影して、前記作業対象面に平行な投影図を仮想空間内に作成することと、前記投影図上において前記曲げ線を指定することと、前記投影図上に指定された前記曲げ線の位置を、前記仮想空間内の位置に変換することと、を含み、前記曲げ線は前記対象物と前記仮想空間内の仮想平面との交線であり、前記仮想平面の法線方向は前記仮想空間内のロボット座標系のいずれの軸方向とも一致しない、作業支援方法である。

【発明の効果】

【0008】

本開示によれば、ワーク上の作業部位の指定に適した投影図を、作業者の熟練度等に依らず、自動的に作成することができるので、作業者の負担や作業時間を大幅に低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】実施形態に係る作業支援装置を含むシステムのブロック図である。

【図2】仮想空間内に設定された曲げ加工対象物を例示する図である。

【図3】図2の対象物に曲げ線を指定する方法を説明する図である。

【図4】対象物の向きが図3とは異なる例を示す図である。

【図5】曲げ加工対象物の作業対象面の投影方向を説明する図である。

【図6】作業支援装置の処理の一例を示すフローチャートである。

【図7】作業対象物を包含する有向バウンディングボックスの一例を示す図である。

【図8】曲げ加工対象物の作業対象面の投影図を示す図である。

【図9】作業対象物と投影面の位置関係を例示する図である。

【図10】取り出し作業対象物の作業対象面の投影方向を説明する図である。

【図11】図10の作業対象面の投影図を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

図1は、好適な実施形態に係る作業支援装置及びロボットを含むシステムの概略ブロック図である。システム10は、少なくとも1台のロボット12と、ロボット12を制御するロボット制御装置14と、後述する処理によってロボット12が行うべき作業を支援する作業支援装置16と、ロボット12の作業対象物（ワーク）の3次元（3D）形状のデータ（例えばCADデータ）等を記憶する形状データ記憶装置18とを有し、これらの装置は互いに有線又は無線で通信可能に接続されている。

【0011】

ロボット12は、例えば産業用の多関節ロボットであり、ロボット制御装置14から送信される指令に基づいて、後述する曲げ加工や取り出し操作等の種々の動作を実行できるように構成されている。ロボット制御装置14は、プロセッサ及びメモリ等を備え、用意されたロボットプログラムや作業支援装置16のシミュレーション結果等に基づいてロボット12を制御するように構成されている。

【0012】

作業支援装置16は例えば、ロボット制御装置14とは独立した、パーソナルコンピュータ（PC）等の計算機であり、後述する処理を実行するためのプロセッサ20、メモリ22、キーボード又はタッチパネル等の入力部24、及びディスプレイ26を備える。但し制御装置14及び作業支援装置16は、実質一体の装置とすることもできる。形状データ記憶装置18は、例えばCAD装置であり、ワークの3D形状データ等のデータを保存することができる。また作業支援装置16及び形状データ記憶装置18は、実質一体の装置とすることもできる。

【0013】

作業支援装置16は、CAD装置18等に保存されたワークの3次元データを用いて、ロボット12が該ワークに対して作業を行う部位である作業対象面を、該作業対象面に垂直な方向に投影した投影図を仮想空間内に作成する投影図作成機能と、作成された投影図上に、ロボット12が作業を行う部位を設定する作業部位設定機能とを有する。本実施形態では、作業支援装置16のプロセッサが、投影図作成機能及び作業部位変換機能を担い、プロセッサ及び入力部が作業部位指定機能を担うものとする。以下、作業支援装置16における処理の具体例を説明する。

【0014】

(実施例1)

本実施例では、ロボットを用いた対象物の加工の一例として、曲げ加工のシミュレーションを行う装置及び方法について説明する。図2及び図3は、作業支援装置16のディスプレイ26等に表示された仮想空間を示し、ここでは、平板状の板金であるワーク30をロボット12で把持し、ワークの作業対象面32上に指定された加工線（例えば曲げ線）34に沿ってワーク30の加工（ここでは曲げ加工）を行うシミュレーションを行うものとする。

【0015】

曲げ線34を指定する一つの方法として、図3に示すような仮想平面36を仮想空間内に設定し、ワーク30と平面36との交線を曲げ線34とする方法がある。通常、板金の曲げは該板金の最も薄い方向に対して行われるので、平面36の法線方向38は、板金の最も薄い方向と直交する方向に指定することが好ましい。

【0016】

ここで、図2及び図3に示すように、仮想3次元空間のロボット座標系40の各軸の方向がワーク30の各辺と平行であれば、平面36の法線方向38が座標系40の1つの軸方向（ここではx方向）に一致するような指定を行えばよいので、作業者は作業支援装置16の入力部24等を介して、比較的容易に曲げ線34を指定することができる。

【0017】

しかし図4に示すように、座標系40の各軸の方向がワーク30の各辺と平行でない場合は、平面36の法線方向38が座標系40のいずれの軸方向とも一致しないので、作業者は曲げ線34を指定する前に、法線方向38の適切な変更（回転移動等）をしなければならない。このような操作は、作業者の熟練度にもよるが、困難かつ時間を要する。

【0018】

そこで実施例1では、図5に示すように、ワーク30の作業対象面32に垂直な方向（本実施例ではワーク30の最も薄い方向）42を作業者が指定し又は後述する処理によって求め、この方向42を法線ベクトルとする平面（すなわち作業対象面32に平行な面）に作業対象面32を投影した投影図を作成し、作成された投影図上で曲げ線を指定する。

以下、図 6 のフローチャートを参照して、これらの処理を説明する。

【0019】

先ずステップ S 1 において、C A D 装置 1 8 に保存されているワーク 3 0 の 3 D データを適当な数のメッシュに分割し、メッシュの頂点等の代表点の座標群を取得する。

【0020】

次にステップ S 2 において、図 7 に示すように、ワーク 3 0、より具体的には取得した頂点の座標群を包含する有向バウンディングボックス (Oriented Bounding Box、以下、O B B とも称する) 4 4 を、ロボット座標系 4 0 を基準とする仮想空間内に作成する。O B B 4 4 は方向性を持つ直方体であり、O B B 4 4 自体及びその作成方法は周知であるので、詳細な説明は省略する。なお O B B 4 4 の各辺の方向は、O B B 4 4 に設定された O B B 座標系 4 6 によって表されるが、図 7 では明瞭化のため、ワーク 3 0 の厚さ方向 (座標系 4 6 の z 方向) の寸法を拡大している。

10

【0021】

次にステップ S 3 において、O B B 4 4 の最も短い辺の方向ベクトル (図示例では O B B 座標系 4 6 の z 方向) を法線ベクトルとする仮想平面 4 8 (後述する図 9 を参照) を作成する。ここで O B B の z 方向は、ワーク 3 0 の最も薄い方向であるとともに、作業対象面 3 2 に垂直な方向である。

【0022】

次にステップ S 4 において、作成した平面 4 8 の上にステップ S 1 で取得した座標群を上記法線ベクトル方向 (O B B 座標系 4 6 の z 方向) に射影して、図 8 に示すような投影図 5 0 を作成する。

20

【0023】

次にステップ S 5 において、作業等が、ディスプレイ 2 6 に表示された投影図 5 0 上に、入力部 2 4 等を介して曲げ線 3 4 の位置を入力・指定し、ディスプレイ 2 6 は指定された曲げ線 3 4 を表示する。最後にステップ S 6 において、投影図 5 0 上に指定された曲げ線 3 4 の位置を、ロボット座標系 4 0 を基準とする仮想空間の位置に変換することで、曲げ線の設定が完了する。このようにして、ロボット 1 2 が曲げ加工を行う際に使用できる曲げ線の 3 次元データが得られる。

【0024】

なおステップ S 1 - S 6 のうち、S 5 以外は作業支援装置 1 6 が自動的に実行可能であり、S 5 は作業者の入力に基づいて行われる。但し、予め曲げ線の条件等を設定しておくことにより、S 5 も作業支援装置 1 6 のプロセッサ 2 0 等が自動的に実行することもできる。

30

【0025】

実施例 1 では、ワーク 3 0 の 3 D モデルをその最も薄い方向に投影した投影図 5 0 を作成することで、作業者は投影図 5 0 上で曲げ線 3 4 の位置を指定することができる。投影図 5 0 は作業対象面 3 2 の形状を正確に反映したものであるので、ワーク 3 0 の各辺の方向とロボット座標系 4 0 の各軸方向とが一致しない場合でも、作業者は 3 D モデルの回転等の面倒な作業を行うことなく、容易かつ正確に所望の曲げ線を指定することができる。

【0026】

また O B B 4 4 を使用すれば、O B B 4 4 の最も短い辺の方向ベクトル (ここでは z 方向) が、ワーク 3 0 の最も薄い方向に一致するので、曲げ線 3 4 の指定に適した投影図 5 0 をより容易に計算・作成することができる。

40

【0027】

図 9 は、ワーク 3 0 の作業対象面 3 2 と、投影図 5 0 が作成される平面 4 8 との位置関係を示す概略図である。図 9 のようにワーク 3 0 の厚さが均一でない場合でも、O B B 4 4 最も短い辺の方向 (座標系 4 6 の z 方向) を法線ベクトルとする平面 4 8 上に、点 5 2、5 4 及び 5 6 で示すような各メッシュの頂点を射影し、投影図 5 0 上に点 5 8、6 0 及び 6 2 を設定することで、曲げ線の指定に適した投影図が得られる。

【0028】

50

通常は、曲げ線はワークの最も薄い部位に指定されるので、図 9 の例では曲げ線は、点 60 には指定され得るが、点 58 及び 62 には指定されない。そこで、厚さが均一でない場合はワークの作業面と投影図との距離が場所によって異なることを利用して、ワーク 30 上の各点と平面 48 上の対応する各点との距離（例えば点 54 と点 60 との距離）に基づいて、投影図上の各点を、色彩やマーク形状の変更等によって視覚的に識別できるようにすることができる。このようにすれば、例えばワーク 30 の薄い部位にある点 60 は、厚い部位にある点 58 及び 62 とは異なる色彩や形状で表示されるので、作業者は投影図上のどの部位に曲げ線を指定すべきかをより明確に把握できるようになる。

【0029】

このように実施例 1 では、作業支援装置 16 は、曲げ加工のシミュレーションを実行し、そのシミュレーション結果をロボット制御装置 14 に送信可能に構成されたシミュレーション装置として機能する。

【0030】

（実施例 2）

実施例 2 では、作業支援装置 16 は、ロボット 12 による物品の取り出し作業を支援する装置として機能する。ここでは図 10 に示すように、楕円形状の作業対象面 68 を有するワーク 64 が複数個バラ積みされており、これらのワークを視覚センサで検出した結果（例えばカメラで撮像した画像）に基づいて、ワーク 64 を逐次的にロボット 12 で取り出す作業を考える。

【0031】

この場合も実施例 1 と同様に、ワーク 64 を適当な数のメッシュに分割して、メッシュの頂等の代表点を表す点群 66 を取得する。次に点群 66 を仮想平面に射影して投影図を作成するのであるが、バラ積みされたワーク 64 は傾斜しているので、例えば鉛直方向 70 に垂直な仮想平面 72 に点群 66 を射影すると、得られた投影図上では、各点間の距離や位置関係が正確に反映されないことがある。

【0032】

そこで実施例 2 では、作業対象面（ここではロボット 12 のハンドで吸着等の保持をされる面）68 の法線ベクトル 74 に垂直な（すなわち作業対象面 68 に平行な）仮想平面 76 上に、点群 66 を方向 74 に沿って射影して投影図を得ることが好ましい。このようにすれば、図 11 に示すように、作業対象面 68 上の点群と同じ位置関係の点群を含む投影図 78 が得られるので、作業者は、作業対象面 68 上のどの部位を吸着等の作業対象部位とすべきかを的確に指定することができる。なお作業者による指定の代わりに、例えば、投影図 78 内の点群 66 の位置に基づいて作業対象面 68 の重心位置を自動的に計算し、該重心位置を作業対象部位とすることもできる。このようにして得られた作業対象部位の位置を利用して、ロボット 12 が保持すべき作業対象面 68 の部位を適切に決定することができる。

【0033】

なお実施例 2 においても、ワーク 64 の 3D データが予め CAD 装置 18 等に保存されていれば、該 3D データ及びワークのカメラ画像に基づいて、作業支援装置 16 が実施例 1 のような OBB を作成することもできる。その場合、OBB のうちワーク 64 の作業対象面 68（例えば XY 面）に垂直な方向（例えば Z 軸方向）にワーク 64 及び点群 66 を投影し、該作業対象面 68 に平行な投影図を作成すれば、実施例 1 と同様の効果が得られる。

【0034】

本開示によれば、作業対象面に平行な投影図を仮想的に生成することで、曲げ線の指定やワーク把持位置の指定等、ロボットによる種々の作業に必要な設定を容易かつ正確に行えるようになる。

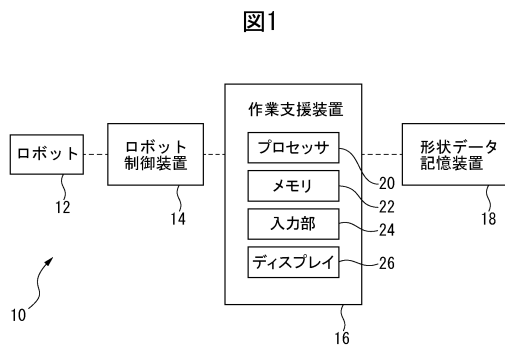
【符号の説明】

【0035】

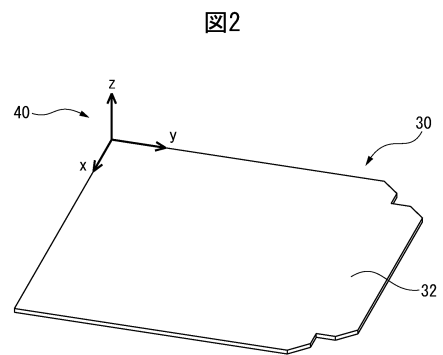
- 1 2 ロボット
1 4 ロボット制御装置
1 6 作業支援装置
1 8 形状データ記憶装置
2 0 プロセッサ
2 2 メモリ
2 4 入力部
2 6 ディスプレイ
3 0、6 4 ワーク
3 2、6 8 作業対象面
3 4 曲げ線
3 6、4 8、7 2、7 6 仮想平面
3 8、4 2、7 4 法線ベクトル
4 0 ロボット座標系
4 4 有向バウンディングボックス
4 6 O B B 座標系
5 0、7 8 投影図

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

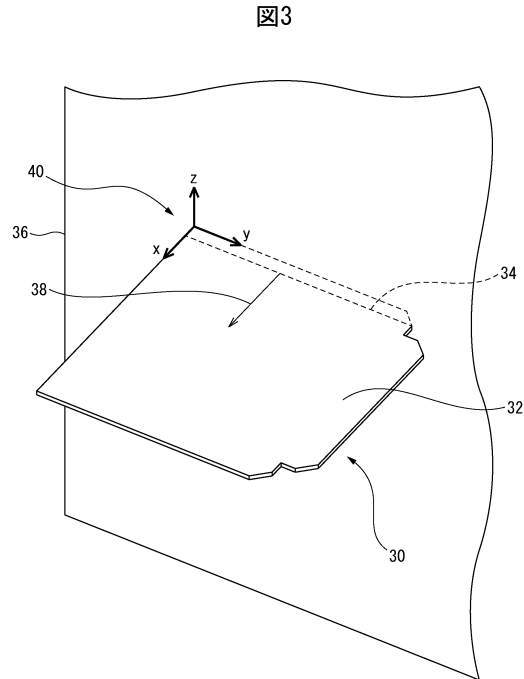
20

30

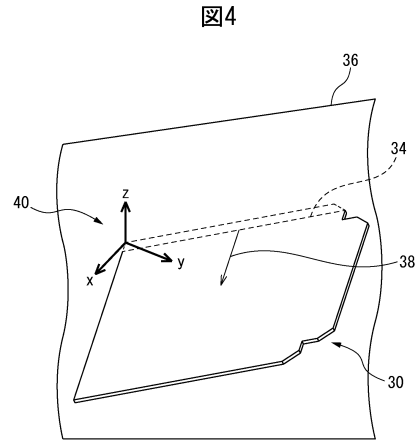
40

50

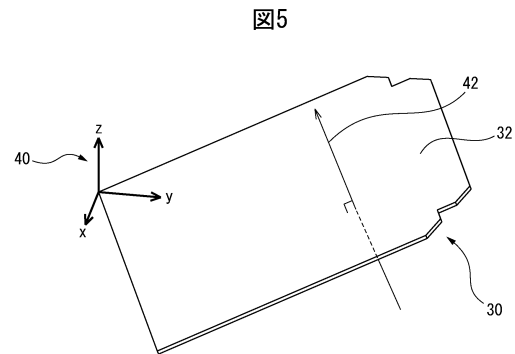
【図 3】



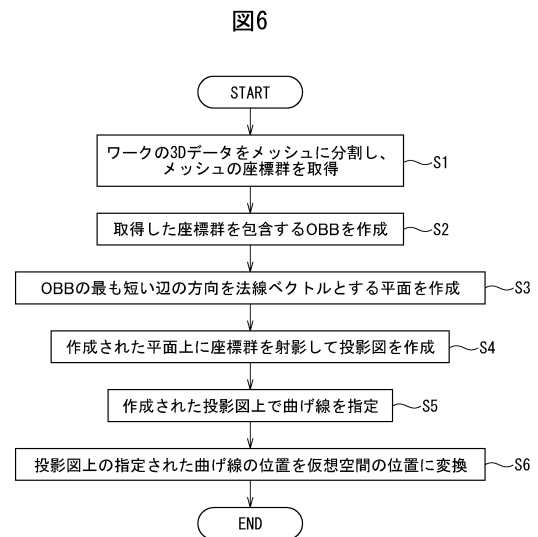
【図 4】



【図 5】



【図 6】



10

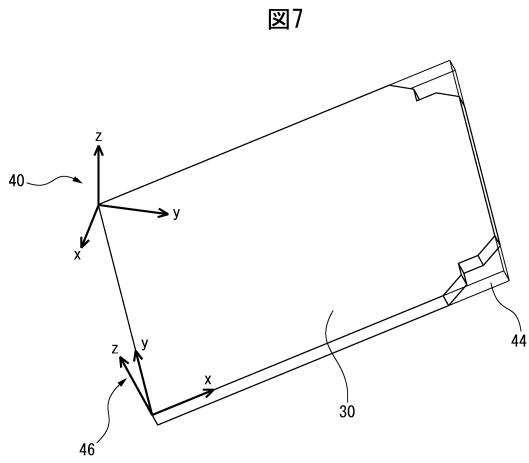
20

30

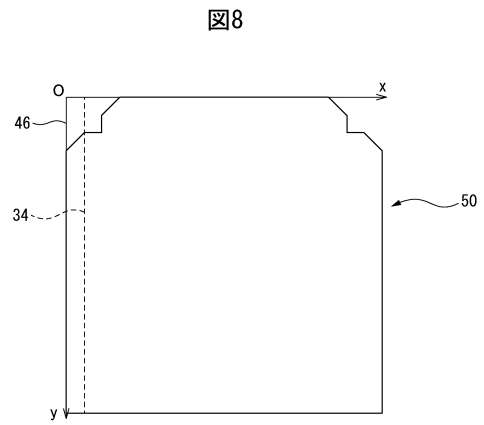
40

50

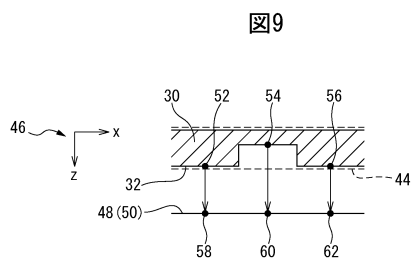
【図 7】



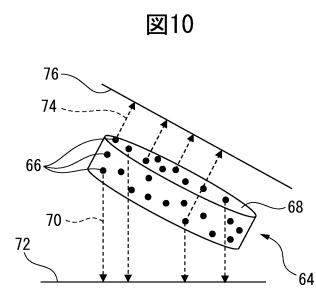
【図 8】



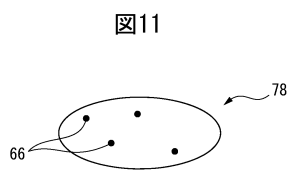
【図 9】



【図 10】



【図 11】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 0 7 - 0 3 0 0 4 2 (J P , A)
 米国特許出願公開第 2 0 2 0 / 0 3 0 6 9 8 0 (U S , A 1)
 RUDEK, Marcelo, Multiple 3D Objects Identification from Images Based on Bounding Box
 Reconstruction, ABCM Symposium Series in Mechatronics, 2010年, Vol. 4, pp. 38-43
 VALENCIA, Angel J., A 3D Vision Based Approach for Optimal Grasp of Vacuum Grippers
 , 2017 IEEE International Workshop of Electronics, Control, Measurement, Signals and the
 ir Application, 2017年, pp. 1-6
- (58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)
- | | |
|---------|-------------|
| B 2 1 D | 5 / 0 0 |
| B 2 1 D | 5 / 0 2 |
| B 2 5 J | 9 / 2 2 |
| G 0 5 B | 1 9 / 4 0 9 |