

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-1122

(P2004-1122A)

(43) 公開日 平成16年1月8日(2004.1.8)

(51) Int. Cl.⁷

B25J 13/08

B65G 47/90

F I

B25J 13/08

B65G 47/90

テーマコード(参考)

A 3C007

B 3F072

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2002-158917(P2002-158917)
 (22) 出願日 平成14年5月31日(2002.5.31)

(71) 出願人 000002082
 スズキ株式会社
 静岡県浜松市高塚町300番地
 (74) 代理人 100079164
 弁理士 高橋 勇
 (72) 発明者 久保田 整
 神奈川県横浜市都筑区桜並木2番1号 スズキ株式会社横浜研究所内
 (72) 発明者 小野 勝一
 神奈川県横浜市都筑区桜並木2番1号 スズキ株式会社横浜研究所内
 (72) 発明者 柴田 健吾
 神奈川県横浜市都筑区桜並木2番1号 スズキ株式会社横浜研究所内

最終頁に続く

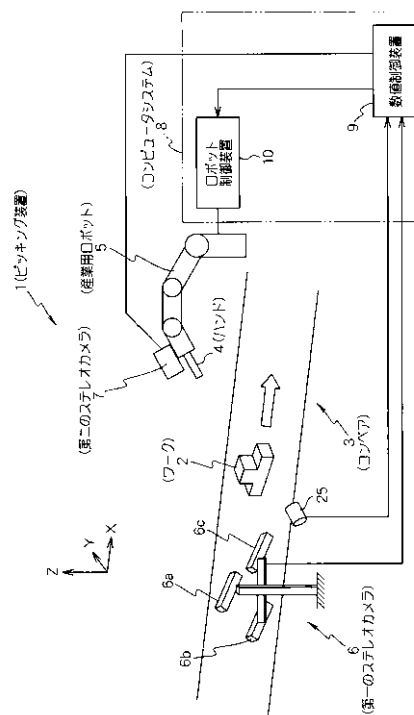
(54) 【発明の名称】 ピッキング装置

(57) 【要約】

【課題】 移動するワークのピッキングに対応することのできるピッキング装置を提供する。

【解決手段】 第一のステレオカメラ6を用いた初期段階の検出操作でワーク2の位置および姿勢を正確に認識し、ワーク2の移動位置に追従させてハンド4を移動させながら第二のステレオカメラ7を繰り返し作動させてワーク2の位置および姿勢のズレ量を求め、位置および姿勢のズレ量を補正して最終的なピッキング動作の目標位置とハンド4の姿勢を制御する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ワークを把持するハンドを有する多関節型の産業用ロボットと、前記ワークの位置および姿勢を把握するためのカメラと、前記産業用ロボットおよびカメラを駆動制御するコンピュータシステムとを備えたピッキング装置において、
前記ワークの載置位置の近傍に大きな視差を有する第一のステレオカメラを固定的に設置する一方、前記産業用ロボットにおける前記ハンドの近傍に相対的に視差の小さな第二のステレオカメラを配備し、
前記コンピュータシステムには、前記第一のステレオカメラによって撮影された画像に基いて前記ワークの位置および姿勢を求める位置姿勢演算手段と、
前記位置姿勢演算手段によって求められたワーク位置の近傍まで前記ハンドを移動させ前記第二のステレオカメラを作動させて画像を撮影し、前記位置姿勢演算手段によって求められたワークの位置および姿勢に対するワークの実位置および実姿勢のズレ量を求めるズレ量演算手段と、
前記位置姿勢演算手段によって求められたワークの位置および姿勢と前記ズレ量演算手段によって求められたワークの実位置および実姿勢のズレ量とに基いて最終的なワークの位置および姿勢を求める位置姿勢補正手段と、
前記位置姿勢補正手段によって求められたワークの位置および姿勢に基いてピッキング動作の目標位置とハンドの姿勢を制御するピッキング動作制御手段とを設けたことを特徴とするピッキング装置。

10

20

【請求項 2】

ワークを搬送するコンベアと、ワークを把持するハンドを有する多関節型の産業用ロボットと、前記ワークの位置および姿勢を把握するためのカメラと、前記産業用ロボットおよびカメラを駆動制御するコンピュータシステムとを備えたピッキング装置において、
前記コンベア上を搬送されるワークを所定位置で撮影する大きな視差を有する第一のステレオカメラを固定的に設置する一方、前記産業用ロボットにおける前記ハンドの近傍に相対的に視差の小さな第二のステレオカメラを配備し、
前記コンピュータシステムには、前記第一のステレオカメラによって撮影された画像に基いて前記所定位置におけるワークの位置および姿勢を求める位置姿勢演算手段と、
前記位置姿勢演算手段によって求められたワーク位置と前記コンベアの搬送速度と経過時間とに基いてワークの現在位置を求め、前記ワークの現在位置に追従させて前記ハンドを移動させる追跡動作制御手段と、
前記追跡動作制御手段の作動中に前記第二のステレオカメラを繰り返し作動させ前記ハンドおよびコンベアと共に併進する座標系内で画像を撮影し、前記位置姿勢演算手段によって求められたワークの位置および姿勢に対するワークの実位置および実姿勢のズレ量を求めるズレ量演算手段と、
前記位置姿勢演算手段によって求められたワークの位置および姿勢と前記ズレ量演算手段によって求められたワークの実位置および実姿勢のズレ量とに基いて前記ハンドおよびコンベアと共に併進する座標系内における最終的なワークの位置および姿勢を求める位置姿勢補正手段と、
前記位置姿勢補正手段によって求められたワークの位置および姿勢に基いてピッキング動作の目標位置とハンドの姿勢を制御するピッキング動作制御手段とを設けたことを特徴とするピッキング装置。

30

40

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、ワークの位置および姿勢を把握してワークを把持するピッキング装置の改良、特に、位置および姿勢の検出に関わる精度と処理速度を向上させるための改良に関する。

【0002】**【従来の技術】**

50

2つのカメラシステムを利用してワークの位置および姿勢の把握精度を向上させる技術としては、例えば、特開2000-288974に開示されるようなロボット装置が既に提案されている。

【0003】

特開2000-288974のロボット装置は、ロボットの手首の先端に2次元視覚センサからなる第一の視覚センサと、2次元視覚センサまたは3次元視覚センサからなる第二の視覚センサとを設け、第一の視覚センサでワークの大まかな位置および姿勢を検出し、更に、第一の視覚センサで求められたワーク位置の近傍にロボットの手首を移動させ、第二の視覚センサを作動させてワークの位置および姿勢を厳密に計測して産業用ロボットによるピッキング動作を行わせるようにしたものである。

10

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、特開2000-288974のロボット装置では、第一の視覚センサを2次元視覚センサで構成しているため、第一の視覚センサを用いた初期段階の検出操作で精度の高い認識を行うことが難しく、この結果、第二の視覚センサを利用して行う精密な測定操作に際して撮影対象となる領域を効果的に絞り込むことが困難であり、画像の取り込みや演算処理に必要とされる所要時間が増大するといった弊害が発生する。

【0005】

また、画像の取り込みや演算処理の所要時間が増大する結果、移動するワークの位置や姿勢を検出してピッキング動作を行うことは事実上不可能である。

20

【0006】

【発明の目的】

そこで、本発明の目的は、前記従来技術の欠点を解消し、画像の取り込みや演算処理に必要とされる所要時間を短縮し、高速かつ高精度でワークの位置および姿勢を認識することが可能であって、移動するワークのピッキングにも対応することのできるピッキング装置を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明は、ワークを把持するハンドを有する多関節型の産業用ロボットと、ワークの位置および姿勢を把握するためのカメラと、産業用ロボットおよびカメラを駆動制御するコンピュータシステムとを備えたピッキング装置であり、前記目的を達成するため、特に、ワークの載置位置の近傍に大きな視差を有する第一のステレオカメラを固定的に設置する一方、産業用ロボットにおけるハンドの近傍に相対的に視差の小さな第二のステレオカメラを配備し、

30

前記コンピュータシステムには、第一のステレオカメラによって撮影された画像に基いてワークの位置および姿勢を求める位置姿勢演算手段と、

前記位置姿勢演算手段によって求められたワーク位置の近傍までハンドを移動させ第二のステレオカメラを作動させて画像を撮影し、前記位置姿勢演算手段によって求められたワークの位置および姿勢に対するワークの実位置および実姿勢のズレ量を求めるズレ量演算手段と、

40

前記位置姿勢演算手段によって求められたワークの位置および姿勢と前記ズレ量演算手段によって求められたワークの実位置および実姿勢のズレ量とに基いて最終的なワークの位置および姿勢を求める位置姿勢補正手段と、

前記位置姿勢補正手段によって求められたワークの位置および姿勢に基いてピッキング動作の目標位置とハンドの姿勢を制御するピッキング動作制御手段とを設けたことを特徴とする構成を有する。

【0008】

以上の構成において、まず、ワークの載置位置の近傍に設置された第一のステレオカメラがワーク周辺の画像を撮影し、この画像を位置姿勢演算手段が解析してワークの位置および姿勢を求める。第一のステレオカメラは産業用ロボットとは独立して固定的に設置され

50

ているので、ステレオカメラを構成するカメラ間の視差を大きく取ることが可能であり、第一のステレオカメラを用いた初期段階の検出操作におけるワークの位置および姿勢の認識精度が向上する。

次いで、ズレ量演算手段が、前記位置姿勢演算手段によって求められたワーク位置の近傍までハンドを移動させ、第二のステレオカメラを作動させて画像を撮影し、前記位置姿勢演算手段によって求められたワークの位置および姿勢に対するワークの実位置および実姿勢のズレ量を求める。第一のステレオカメラによるワークの位置および姿勢の認識精度が高いので、第二のステレオカメラは撮影対象となる領域を狭く絞り込んで撮影するだけで確実にワークを捕捉することができる。つまり、解析の対象となる画像データの容量が軽減されることにより、ワークの実位置および実姿勢のズレ量の演算に必要とされる所要時間が短縮され、高速の演算処理が実現されることになる。

10

第二のステレオカメラは産業用ロボット上でハンドの近傍に取り付けられるので、ステレオカメラを構成するカメラ間の視差を第一のステレオカメラのように大きく取ることはいけませんが、ワークに接近した状態でワークを撮影することができるので、十分な精度でワークの位置および姿勢のズレを検出することができる。

そして、位置姿勢演算手段によって求められたワークの位置および姿勢とズレ量演算手段によって求められたワークの実位置および実姿勢のズレ量とに基づいて位置姿勢補正手段が最終的なワークの位置および姿勢を求め、ピッキング動作制御手段が、位置姿勢補正手段によって求められたワークの位置および姿勢に基づいてピッキング動作の目標位置とハンドの姿勢を制御する。

20

【0009】

また、ワークを搬送するコンベアと、ワークを把持するハンドを有する多関節型の産業用ロボットと、ワークの位置および姿勢を把握するためのカメラと、産業用ロボットおよびカメラを駆動制御するコンピュータシステムとを備えたピッキング装置の場合においては、

コンベア上を搬送されるワークを所定位置で撮影する大きな視差を有する第一のステレオカメラを固定的に設置する一方、産業用ロボットにおけるハンドの近傍に相対的に視差の小さな第二のステレオカメラを配備し、

前記コンピュータシステムには、第一のステレオカメラによって撮影された画像に基づいて前記所定位置におけるワークの位置および姿勢を求める位置姿勢演算手段と、

30

前記位置姿勢演算手段によって求められたワーク位置とコンベアの搬送速度と経過時間とに基づいてワークの現在位置を求め、ワークの現在位置に追従させてハンドを移動させる追跡動作制御手段と、

前記追跡動作制御手段の作動中に第二のステレオカメラを繰り返し作動させハンドおよびコンベアと共に併進する座標系内で画像を撮影し、前記位置姿勢演算手段によって求められたワークの位置および姿勢に対するワークの実位置および実姿勢のズレ量を求めるズレ量演算手段と、

前記位置姿勢演算手段によって求められたワークの位置および姿勢と前記ズレ量演算手段によって求められたワークの実位置および実姿勢のズレ量とに基づいて前記ハンドおよびコンベアと共に併進する座標系内における最終的なワークの位置および姿勢を求める位置姿勢補正手段と、

40

前記位置姿勢補正手段によって求められたワークの位置および姿勢に基づいてピッキング動作の目標位置とハンドの姿勢を制御するピッキング動作制御手段とを設けるようにする。

【0010】

このような構成を適用した場合、位置姿勢演算手段によって求められたワーク位置とコンベアの搬送速度と経過時間とに基づいて追跡動作制御手段がワークの現在位置を求め、ワークの現在位置に追従させてハンドを移動させるので、ワークが移動した場合であっても、ワークとハンドとの相対的な位置関係は、コンベア上のワークの位置および姿勢に変化がない限り常に一定の状態に保たれる。

従って、第一のステレオカメラによる撮影の開始からピッキング動作制御手段によるハン

50

ドの駆動制御までのタイムラグによってハンドとワークの位置関係に変化が生じることはなく、定位置にワークをおいて第二のステレオカメラでワークの実位置および実姿勢のズレ量を算出してピッキング動作の目標位置とハンドの姿勢を制御する場合と同様、確実なピッキング動作を行うことができる。

また、ワークと第二のステレオカメラとの相対的な位置関係に変化が生じた場合には、荷崩れ等によってコンベア上のワークの位置や姿勢に変化が生じたことを意味し、この位置や姿勢のズレ量に応じて位置姿勢補正手段がピッキング動作の目標位置やハンドの姿勢を補正するので、コンベアで搬送されるワークに荷崩れ等が生じた場合であっても確実なピッキング動作を行うことが可能となる。

また、ズレ量演算手段は、追跡動作制御手段が作動する間、第二のステレオカメラを繰り返し作動させて、ハンドおよびコンベアと共に併進する座標系内で画像を撮影してワークの実位置および実姿勢のズレ量を求めるようにしているので、荷崩れ等によってコンベア上のワークの位置や姿勢に変化が生じたような場合であっても、直前の処理で検出されたワークの位置および姿勢を初期位置としてズレ量の演算処理を実行することができ、ワークの実位置および実姿勢のズレ量の演算に必要とされる所要時間を大幅に短縮することができる。また、コンベア上のワークの位置や姿勢に結果として大きな変化が生じた場合であっても、一撮影周期間の位置および姿勢のズレ量は大きくないので、位置および姿勢の不連続的な変化に伴うデータ探索の負荷の増大によるエラーを発生することなく、ワークの実位置および実姿勢のズレ量を追跡することができる。

10

【0011】

20

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施形態について詳細に説明する。図1は本発明を適用した一実施形態のピッキング装置1の構成を簡略化して示した模式図である。

【0012】

この実施形態のピッキング装置1は、ワーク2を搬送するコンベア3と、ワーク2を把持するハンド4を備えた多関節型の産業用ロボット5、ならびに、ワーク2の位置と姿勢を把握するための第一のステレオカメラ6および第二のステレオカメラ7と、産業用ロボット5および第一、第二のステレオカメラ6,7を駆動制御するコンピュータシステム8によって構成される。

30

【0013】

第一のステレオカメラ6は、コンベア3上を搬送されるワーク2が所定位置を通過する際にワーク2を撮影するためのもので、視点を離して視差を大きくした3つのカメラ6a,6b,6cによって構成され、コンベア3の一側に固定的に設置されている。第一のステレオカメラ6は、コンピュータシステム8の一部を構成する数値制御装置9からの指令で画像を取り込み、撮影した画像のデータを数値制御装置9に転送する。

【0014】

第二のステレオカメラ7も第一のステレオカメラ6と同様に3つのカメラ7a,7b,7cによって構成されるが、産業用ロボット5上でハンド4の近傍に取り付けてハンド4と一体的に移動させる関係上、カメラ7a,7b,7c間の視差は相対的に小さく、図2に示されるようにコンパクトに纏められている。

40

【0015】

コンピュータシステム8は、産業用ロボット5に付属するロボット制御装置10と汎用の数値制御装置9とによって構成され、このうち、ロボット制御装置10は専ら産業用ロボット5の駆動制御に、また、数値制御装置9は、画像処理等を始めとする付加機能の実現のために使用され、両者間はデータ転送可能に接続されている。

【0016】

この実施形態では市販のロボット制御装置10に改造を加えずに利用することを前提とし、画像処理等の付加機能を実現するための数値制御装置9をロボット制御装置10に追加してコンピュータシステム8としているが、画像処理等の付加機能を実装することを含めてロボット制御装置10を始めから設計し直すような場合には、単体のロボット制御装置

50

10 それ自体をコンピュータシステム 8 とすることも可能である。また、これとは逆に数値制御装置 9 に産業用ロボット 5 の駆動制御機能を実装し、単体の数値制御装置 9 をコンピュータシステム 8 としてもよい。

【0017】

このように、コンピュータシステム 8 に構成上の格別の制限はないが、ここでは、一例としてロボット制御装置 10 と数値制御装置 9 でコンピュータシステム 8 を構成した場合の構造について簡単に説明する。

【0018】

コンピュータシステム 8 の一部を構成するロボット制御装置 10 は、図 3 に示されるように、基本的な制御プログラムを格納した ROM 11 と、ユーザが作成した動作プログラム等を記憶するための不揮発性メモリ 12、および、不揮発性メモリ 12 に記憶された動作プログラムと ROM 12 に格納されている制御プログラムとに基づいて各種の演算処理を実行する CPU 13 と、演算過程のデータの一時記憶等に用いられる RAM 14、ならびに、CPU 13 からの指令に応じて産業用ロボット 5 の各軸のサーボモータ（図示せず）を駆動制御する軸制御回路 15 とを備える。

10

【0019】

軸制御回路 15 は CPU 13 から与えられる移動指令に基づいて各軸のサーボモータを駆動し、産業用ロボット 5 のハンド 4 の位置および姿勢と移動速度ならびに駆動トルクを制御する。

【0020】

表示装置付手動データ入力装置 16 は動作プログラムの編集作業等に使用され、また、入出力インターフェイス 17 はロボット制御装置 10 と数値制御装置 9 との間のデータ転送に使用される。

20

【0021】

数値制御装置 9 は、図 4 に示されるように、システムプログラムを格納した ROM 18 と、画像の解析に用いられるアプリケーションプログラム等を記憶した不揮発性メモリ 19、および、演算処理用の CPU 20 と、演算過程のデータの一時記憶等に用いられる RAM 21、ならびに、表示装置付手動データ入力装置 22 と、入出力インターフェイス 23、更に、画像取り込み用のフレームメモリ 24 によって構成される。フレームメモリ 24 は RAM 21 の一部によって構成してもよい。

30

【0022】

入出力インターフェイス 23 は数値制御装置 9 とロボット制御装置 10 とを接続してデータ転送を行うためのもので、第一のステレオカメラ 6 が有する 3 つのカメラ 6a, 6b, 6c で撮影された画像データと第二のステレオカメラ 7 が有する 3 つのカメラ 7a, 7b, 7c で撮影された画像データも、入出力インターフェイス 23 を介してフレームメモリ 24 に送られるようになっている。

【0023】

フレームメモリ 24 内のデータ配列の一例を図 10 に示す。この実施形態では、640 ドット×480 ドットの 3 組の画素データを 256 階調の濃度で記憶するようにしているが、解像度や階調等の画素の記憶条件については、必要とされる分解能等に応じて適宜に決めるものとする。

40

【0024】

また、図 1 に示されるように、コンベア 3 の近傍には、このコンベア 3 で搬送されるワーク 2 が所定の撮影位置に到達したことを検出するための定位置検出センサ 25 が設けられており、この定位置検出センサ 25 からの信号も入出力インターフェイス 23 を介して数値制御装置 9 の CPU 20 に入力されるようになっている。

【0025】

不揮発性メモリ 19 には、取り扱いの対象となる可能性のある様々な形状のワーク 2 に対応した 3 次元形状データが予め幾つか登録されている。不揮発性メモリ 19 に記憶されている 3 次元形状データの一例を図 11 に示す。

50

【0026】

図5～図7は数値制御装置9側のCPU20が実行するピッキング制御の概略を示したフローチャート、また、図8～図9は数値制御装置9からの指令を受けたロボット制御装置10のCPU13が実行するパルス分配処理の概略を示したフローチャートである。

【0027】

次に、図5～図9を参照して位置姿勢演算手段、ズレ量演算手段、位置姿勢補正手段としてのCPU20の処理動作、および、追跡動作制御手段としてのCPU20およびCPU13の処理動作、ならびに、ピッキング動作制御手段としてのCPU13の処理動作について説明する。

【0028】

ピッキング制御を開始したCPU20は、まず、定位置検出センサ25からの定位置検出信号が入力されているか否か、つまり、コンベア3で搬送されるワーク2が所定の撮影位置に到達したか否かを判定し(ステップa1)、定位置検出信号が検出されていなければ、そのまま定位置検出信号の入力を待つ待機状態を保持する。

10

【0029】

そして、ワーク2が所定の撮影位置に到達して定位置検出センサ25からの定位置検出信号が確認されると、CPU20は経過時間計測タイマtをリスタートさせてワーク2が所定の撮影位置に到達してからの経過時間の計測を開始すると共に(ステップa2)、第一のステレオカメラ6を作動させ、所定の撮影位置にあるワーク2を撮影してカメラ6a, 6b, 6cから画像を取り込み(ステップa3)、これらの画像データをフレームメモリ24に記憶する(ステップa4)。図12に取り込まれた画像の一例を示す。

20

【0030】

次いで、位置姿勢演算手段として機能するCPU20が、画像の解析に用いられるアプリケーションプログラムを起動し、フレームメモリ24に記憶されているワーク2の画像データを解析して3次元情報を求め(ステップa5)、この3次元情報と不揮発性メモリ19に登録されている複数の3次元形状データとを照合して現時点で作業対象となっているワーク2の形状を特定した後(ステップa6)、撮影時点つまりステップa3の実行時点におけるワーク2の位置X, Y, Zとワーク2の姿勢 $\theta_x, \theta_y, \theta_z$ を求める(ステップa7)。フレームメモリ24に記憶されているワーク2の画像データを解析して得られる3次元情報の一例を図13に、また、ワーク2の3次元情報と不揮発性メモリ19に登録されている3次元形状データとの照合例を図14に示す。

30

【0031】

但し、ワーク2の位置X, Y, Zは固定式の第一のステレオカメラ6を基準とした座標系であり、各座標系の向きは図1に示される通りである。また、ワーク2の姿勢 $\theta_x, \theta_y, \theta_z$ は、 θ_x がX軸回りの姿勢の傾き、 θ_y がY軸周りの姿勢の傾き、また、 θ_z がZ軸回りの姿勢の傾きである。

【0032】

前述した通り、第一のステレオカメラ6は産業用ロボット5とは独立してコンベア3の側に固定的に設置されているので、ステレオカメラ6を構成するカメラ6a, 6b, 6c間の視差を大きく取ることができ、第一のステレオカメラ6を用いた検出操作におけるワーク2の位置および姿勢の認識精度を大幅に向上させることができる。

40

【0033】

次いで、追跡動作制御手段の一部として機能するCPU20は、コンベア3の搬送速度V(設定値)と、経過時間計測タイマtの現在値、ならびに、撮影時点つまりステップa3の実行時点におけるワーク2のX軸座標上の位置Xとに基づいて、現時点におけるワーク2のX軸座標上の位置Xを更新して求める(ステップa8)。

【0034】

そして、CPU20は、入出力インターフェイス23を介してロボット制御装置10にアクセスし、軸制御回路15に設けられた各軸の現在位置記憶レジスタからハンド4の現在位置 x_n, y_n, z_n の値を読み込み(ステップa9)、ワーク2の現在位置X, Y, Z

50

の各軸の要素からハンド4の現在位置 x_n , y_n , z_n の値を減じ、更に、Z軸成分に関してはオフセット量 z_0 を加算して、ハンド4をハンド4の現在位置 x_n , y_n , z_n からワーク2の現在位置 X , Y , Z よりも z_0 だけ上方に移動させるために必要とされる移動量 D_x , D_y , D_z を求める(ステップa10)。そして、 D_x , D_y , D_z をインクリメンタル移動指令としてロボット制御装置10に送信する(ステップa11)。

【0035】

また、CPU20は、コンペア3の搬送速度 V に相当する速度でハンド4にX軸方向の送りを掛ける際に必要とされる単位時間当たりの分配パルス量 $D_0 \cdot x$ の値を求め、この値をロボット制御装置10に送信する(ステップa12)。

【0036】

次いで、CPU20は、撮影回数積算カウンタCの値を零に初期化し(ステップa13)、入出力インターフェイス23を介してロボット制御装置10にアクセスして、軸制御回路15に設けられた分配処理用の各軸の位置偏差記憶レジスタの値を読み込み(ステップa14)、その値がインポジション幅の範囲に収まっているか否かを判定する(ステップa15)。

【0037】

ステップa11の処理でロボット制御装置10にインクリメンタル移動指令を送信した直後の現段階では各軸の位置偏差は増大しており、その値がインポジション幅の範囲に収まることはないので、CPU20は、ステップa14~ステップa15の処理を繰り返し実行して、各軸の位置偏差記憶レジスタの値がインポジション幅の範囲に収まるのを待機することになる。

【0038】

一方、ステップa11の処理でロボット制御装置10に送信されたインクリメンタル移動指令 D_x , D_y , D_z は、ロボット制御装置10側のCPU13によりステップb1の処理で検出され、これを検出したCPU13は、各インクリメンタル移動指令 D_x , D_y , D_z を各軸の位置偏差記憶レジスタ E_{rx} , E_{ry} , E_{rz} にセットする(ステップb2)。そして、更に、数値制御装置9から送信された分配パルス量 $D_0 \cdot x$ の値を読み込み(ステップb3)、この値を記憶した後(ステップb4)、軸制御回路15のトルクリミット回路にトルクリミットを設定して(ステップb5)、公知のパルス分配処理を開始する(ステップb6)。

【0039】

ステップb6のパルス分配処理では、各軸の位置偏差記憶レジスタ E_{rx} , E_{ry} , E_{rz} に記憶されたインクリメンタル移動指令 D_x , D_y , D_z を $D_x : D_y : D_z$ の比率で単位時間当たりの微小な移動指令 D_x , D_y , D_z として各軸のサーボモータにパルス分配周期毎の移動指令として送出する処理が繰り返され、その都度、各軸の位置偏差記憶レジスタ E_{rx} , E_{ry} , E_{rz} から分配済みのパルス量 D_x , D_y , D_z (パルスコードからのフィードバックパルス)が減算される。

【0040】

そして、1周期分のパルス分配処理がステップb6で完了する度、追跡動作制御手段の一部として機能するCPU13が、X軸に関する位置偏差記憶レジスタ E_{rx} に分配パルス $D_0 \cdot x$ の値を加算する(ステップb7)。

【0041】

次いで、CPU13は、数値制御装置9からの補正指令 d_x , d_y , d_z , D , D , D が入力されているか否か(ステップb8)、および、数値制御装置9からのピッキング指令やブレイス指令が入力されているか否か(ステップb10)を判定することになるが、この段階では何れの指令も入力されないため、追跡動作制御手段の一部として機能するCPU13は、ステップb6~ステップb8とステップb10の処理のみを繰り返し実行することになる。

【0042】

まず、ステップb6およびステップb7の繰り返し処理が開始された直後の段階では、各

10

20

30

40

50

軸の位置偏差記憶レジスタ E_{rx} , E_{ry} , E_{rz} の値は実質的に D_x , D_y , D_z であって位置偏差が十分に大きいため、ハンド4はトルクリミットを越えない範囲の強い力つまり速い速度で駆動制御され、コンベア3と共に移動するワーク2を追って其の上方 z_0 の位置まで直線補間によって移動されることになる。このとき、ワーク2はコンベア3の搬送によってX軸方向に移動するが、ステップb7の処理によりX軸の位置偏差記憶レジスタ E_{rx} の値が分配周期毎に $D_0 \cdot x$ ずつ加算されるので、 D_x , D_y , D_z の位置偏差が解消された場合であっても位置偏差記憶レジスタ E_{rx} には $D_0 \cdot x$ の位置偏差が定常的に滞留することになり、この位置偏差 $D_0 \cdot x$ を解消しようとする軸制御回路15の働きにより、ハンド4がコンベア3上のワーク2と同様にしてX軸方向に移動速度 V で送られることになる。

10

【0043】

このようにして、位置偏差記憶レジスタ E_{rx} , E_{ry} , E_{rz} の位置偏差が概ね解消され、ハンド4がワーク2の上方 z_0 の目標位置に追い付き、位置偏差記憶レジスタ E_{rx} に滞留する位置偏差 $D_0 \cdot x$ のみによってハンド4がワーク2と一定の位置関係を保ってX軸方向に移動するようになると、各軸の位置偏差記憶レジスタの値がインポジション幅の範囲に収まるようになり、数値制御装置9側のCPU20がステップa15の処理でこれを検出する。

【0044】

そこで、ズレ量演算手段として機能するCPU20は、ワーク2と一定の位置関係を保って移動する第二のステレオカメラ7を作動させ、ワーク2を撮影してカメラ7a, 7b, 7cから画像を取り込み(ステップa16)、これらの画像データをフレームメモリ24に記憶する(ステップa17)。

20

【0045】

次いで、ズレ量演算手段として機能するCPU20が、画像の解析に用いられるアプリケーションプログラムを起動し、例えば、フレームメモリ24に記憶されている画像の中央部近傍を最初の探索領域としてワーク2の画像を探索し、ワーク2の各軸方向の位置のズレ量 (x , y , z) と、ステップa7の処理で求められたワーク2の姿勢 (θ_x , θ_y , θ_z) を基準とする各軸の回りのワーク2の姿勢のズレ量 ($\Delta\theta_x$, $\Delta\theta_y$, $\Delta\theta_z$) を求める(ステップa18)。

【0046】

この実施形態では、図8に示したパルス分配処理により、ステップa7の処理で求められたワーク2の位置 (X , Y , Z) を基準として、その上方 z_0 の位置にハンド4を移動させるように駆動制御しているので、ハンド4に対する第二のステレオカメラ7のオフセット量を差し引くことを前提として、基本的には、第二のステレオカメラ7の座標原点 (0 , 0 , 0) がステップa7の処理で求められたワーク2の位置 (X , Y , Z) と一致することになる。但し、ここでの X の値は搬送過程における変動的な値であり、実質的には、 $X = X(\text{ステップa7の初期値}) + V \cdot t$ である。つまり、第二のステレオカメラ7の座標系はハンド4およびコンベア3と共にX軸方向に併進する座標系であり、ハンド4に対するステレオカメラ7のオフセット量を差し引くことを前提とした場合、途中で荷崩れ等が生じてコンベア3に対してワーク2が相対移動しない限り、ワーク2は常に第二のステレオカメラ7の画像の中央部に捕捉されることになる。従って、第一のステレオカメラ6による撮影完了後、コンベア3に対するワーク2の位置に変動がない限り、(x , y , z) の値も (θ_x , θ_y , θ_z) の値も基本的に零である。

30

40

【0047】

一方、途中で荷崩れ等が生じてコンベア3に対してワーク2が相対移動したり姿勢が崩れたりした場合には、そのズレ量がステップa18の処理によって (x , y , z) や (θ_x , θ_y , θ_z) として求められる。この場合、CPU20は、(x , y , z) および (θ_x , θ_y , θ_z) の値をワーク2の次の探索領域として記憶した後(ステップa19)、撮影回数積算カウンタCの値を1インクリメントし(ステップa20)、撮影の繰り返し回数Cが設定回数Nに達しているか否かを判定する(ステップa21)。

50

【0048】

そして、撮影回数積算カウンタCの値が設定回数Nに達していなければ、ズレ量演算手段として機能するCPU20は、前記と同様にしてステップa16～ステップa21の処理を繰り返し実行し、その都度、ワーク2に関する各軸方向の位置のズレ量(x , y , z)と各軸の回りの姿勢のズレ量(α , β , γ)を求めると共に、これらの値をワーク2の新たな探索領域として更新して記憶していく。

【0049】

この間、荷崩れ等が生じてコンペア3に対してワーク2が相対移動したり姿勢が崩れたりする場合もあるが、一撮影周期間の位置および姿勢のズレ量は大きくはなく、しかも、直前の処理周期で記憶されたワーク2の位置や姿勢のズレ量(ステップa19参照)に基いて、次の処理周期で、其の近傍でワーク2の画像が探索されるので(ステップa18参照)、ワーク2の位置および姿勢の不連続的な変化に伴うデータ探索の負荷の増大によってエラーが発生することなく、ワーク2の実位置および実姿勢のズレ量を的確に追跡することができる。

【0050】

また、第一のステレオカメラ6によるワーク2の位置および姿勢の認識精度が高いため、第二のステレオカメラ7による第1回目の撮影時点でワーク2を的確に視野に納めることができ、しかも、画像データの探索領域を絞り込むことも可能となるため、全体としての処理速度の短縮に有益である。

【0051】

第二のステレオカメラ7の視差は第一のステレオカメラ6の視差と比べて相対的に小さいが、ワーク2に対して十分に接近して撮影を行うことができるので、十分な精度でワーク2の位置および姿勢のズレを検出することができる。

【0052】

そして、撮影回数積算カウンタCの値が設定回数Nに達したことがステップa21の判定処理によって検出されると、位置姿勢補正手段として機能するCPU20は、最後に求められた位置のズレ量、つまり、ハンド4およびコンペア3と共にX軸方向に併進する座標系内におけるワーク2の最終的な位置のズレ量 x , y , z を位置ズレ補正のためのインクリメンタル移動指令 d_x , d_y , d_z として記憶し、Z軸方向の補正量に関しては上方へのオフセット z_0 を解消するための補正值 $-z_0$ を更に加算すると共に、最後に求められた姿勢のズレ量 α , β , γ をステップa7の処理で求められた α_0 , β_0 , γ_0 に加算してワーク2の絶対的な姿勢 α , β , γ を求める(ステップa22)。

【0053】

次いで、位置姿勢補正手段として機能するCPU20は、入出力インターフェイス23を介してロボット制御装置10にアクセスし、軸制御回路15に設けられた各軸の現在姿勢記憶レジスタからハンド4の現在姿勢 α_n , β_n , γ_n を読み込み(ステップa23)、ワーク2を把持するためにハンド4に必要とされる姿勢 α , β , γ の各軸の要素からハンド4の現在姿勢 α_n , β_n , γ_n の各軸の要素の値を減じ、ハンド4を現在の姿勢 α_n , β_n , γ_n からワーク2の把持に適した姿勢 α , β , γ に変化させるために必要とされる姿勢変化量 D_α , D_β , D_γ を求め(ステップa24)、位置ズレ補正のためのインクリメンタル移動指令 d_x , d_y , d_z とハンド4の姿勢制御のためのインクリメンタル姿勢変更指令 D_α , D_β , D_γ をロボット制御装置10に送信する(ステップa25)。

【0054】

次いで、CPU20は、入出力インターフェイス23を介してロボット制御装置10にアクセスして、軸制御回路15に設けられた分配処理用の各軸の位置偏差記憶レジスタおよび姿勢偏差記憶レジスタの値を読み込み(ステップa26)、その値がインポジション幅の範囲に収まっているか否かを判定する(ステップa27)。ステップa25の処理でロボット制御装置10にインクリメンタル移動指令とインクリメンタル姿勢変更指令を送信した直後の現段階では各軸の位置偏差および姿勢偏差は増大しており、その値がインポジション幅の範囲に収まることはないので、CPU20は、ステップa26～ステップa2

10

20

30

40

50

7の処理を繰り返し実行して、各軸の位置偏差記憶レジスタおよび姿勢偏差記憶レジスタの値がインポジション幅の範囲に収まるのを待機することになる。

【0055】

一方、ステップa25の処理でロボット制御装置10に送信されたインクリメンタル移動指令 d_x , d_y , d_z とインクリメンタル姿勢変更指令 D_x , D_y , D_z は、ロボット制御装置10側のCPU13によりステップb8の処理で検出され、これを検出したCPU13は、各インクリメンタル移動指令 d_x , d_y , d_z を各軸の位置偏差記憶レジスタ E_{rx} , E_{ry} , E_{rz} に加算すると共に、各軸の姿勢偏差記憶レジスタ $E_{r\theta x}$, $E_{r\theta y}$, $E_{r\theta z}$ にインクリメンタル姿勢変更指令 D_x , D_y , D_z をセットする(ステップb9)。

10

【0056】

そして、このようにして更新された各軸の位置偏差記憶レジスタ E_{rx} , E_{ry} , E_{rz} と各軸の姿勢偏差記憶レジスタ $E_{r\theta x}$, $E_{r\theta y}$, $E_{r\theta z}$ の値に基いて、ピッキング動作制御手段として機能するCPU13が前記と同様にしてステップb6~ステップb8とステップb10の処理のみを繰り返し実行する。

【0057】

この結果、ステップb6のパルス分配処理では、ハンド4に対してX軸の方向に速度Vの送りを掛ける処理と重畳して、X, Y, Zの各軸方向に対して d_x , d_y , d_z の位置ズレ補正の送りを掛ける処理と、ハンド4の姿勢をX, Y, Zの各軸の回りに D_x , D_y , D_z だけ姿勢変化(回転)させる処理とが並行して行われることになる。

20

【0058】

そして、位置偏差記憶レジスタ E_{rx} , E_{ry} , E_{rz} の位置偏差が概ね解消され、ハンド4がワーク2を把持できる位置に達し、また、姿勢偏差記憶レジスタ $E_{r\theta x}$, $E_{r\theta y}$, $E_{r\theta z}$ の姿勢偏差が解消されてハンド4がワーク2の表裏を法線方向から把持できる姿勢に達すると、ハンド4は、前述した位置偏差 D_{0x} の働きにより、この状態を保持したまま速度Vでワーク2と共にX軸方向にのみ移動する。

【0059】

一方、数値制御装置9側のCPU20は、ステップa27の判定処理によって位置偏差記憶レジスタ E_{rx} , E_{ry} , E_{rz} および姿勢偏差記憶レジスタ $E_{r\theta x}$, $E_{r\theta y}$, $E_{r\theta z}$ の偏差がインポジション幅に入ったことを検出し、ロボット制御装置10に対してピッキング指令とプレイス指令を送信する(ステップa28)。

30

【0060】

そして、ステップb10の処理でこれらの指令を検出したCPU13が、ハンド4を閉鎖させてワーク2を把持させ(ステップb11)、各軸のエラーレジスタをクリアした後(ステップb12)、予め設定されているワーク受け渡し位置にハンド4を移動させてワーク2を置き(ステップb13)、数値制御装置9に完了信号を送信して(ステップb14)、数値制御装置9からの原位置復帰指令を待つ待機状態に入る(ステップb15)。

【0061】

そして、ステップa29の処理で完了信号を検出したCPU20は、ロボット制御装置10に現位置復帰指令を出力した後(ステップa30)、定位置検出センサ25からの定位置検出信号を待つ初期の待機状態に復帰し(ステップa1)、また、原位置復帰指令を検出したCPU13は、ハンド4を初期設定位置のアプローチポイントに戻した後(ステップb16)、数値制御装置9からのインクリメンタル移動指令 D_x , D_y , D_z の入力を待つ初期の待機状態に復帰する(ステップb1)。

40

【0062】

以上、一実施形態として、コンペア3によって搬送されるワーク2に対してハンド4を同期移動させながらワーク2を把持する場合について説明したが、定位置検出センサ25がワーク2を検出した時点でコンペア3を停止させてワーク2を把持するような構成、つまり、ワーク2の載置位置が略一定となるようなピッキング装置に対しても、各種の設定値を変更することにより、図5~図7に示した数値制御装置9側のCPU20の処理や図8

50

～ 図 9 に示したロボット制御装置 10 側の CPU 13 の処理をそのまま適用することが可能である。

【0063】

具体的には、ステップ a 8 における変数 V とステップ a 12 における変数 $D_0 \cdot x$ の値を共に零として設定し、ステップ a 21 で判定基準となる N の値を 1 に設定すればよい。

【0064】

この場合、ズレ量演算手段は、第一のステレオカメラ 6 で撮影されたワーク位置の近傍までハンド 4 を移動させて一度だけ第二のステレオカメラ 7 を作動させてワーク 2 の初期位置および初期姿勢に対するワーク 2 の実位置および実姿勢のズレ量を求めるように機能し ($N = 1$)、追跡動作制御手段は、事実上、非作動の状態となる ($V = D_0 \cdot x = 0$)。 10

【0065】

また、最初に述べた実施形態においてワーク 2 に対してハンド 4 を同期移動させる際に、第二のステレオカメラ 7 を様々な方向に移動させて撮影条件を変えることで全体としての位置や姿勢のズレの検出精度を向上させることも可能である。第二のステレオカメラ 7 の位置や姿勢を変化させる方法としては、ハンド 4 の送り動作を調整する方法と、ハンド 4 と第二のステレオカメラ 7 との間に第二のステレオカメラ 7 の位置や姿勢を変えるためのアクチュエータを実装する方法とが考えられる。

【0066】

前者に関しては、基本的に、図 8 のステップ b 6 ～ステップ 10 に示されるようなパルス分配処理において追跡動作の途中で強制的にハンド 4 を移動させる適当な移動指令 (オフセット指令) を入力することにより達成可能である。当然、ハンド 4 の位置の変化によって第二のステレオカメラ 7 によるワーク 2 の見え方つまり位置や姿勢に変化が生じるが、この場合、この位置や姿勢のズレ自体がハンド 4 の位置や姿勢の補正量と同等にして機能することになるので駆動制御上の問題は発生しない。例えば、ハンド 4 を通常的位置からオフセット指令で 5 センチだけ + Y の方向に移動させて第二のステレオカメラ 7 による撮影を行ったとすると、結果として、ワーク 2 が最初的位置から - Y の方向に 5 センチ位置ズレしたものと判定されることになるので、y の値は - 5 センチとなり、結果的に、ハンド 4 は通常的位置からオフセット指令で強制的に 5 センチだけ + Y の方向に移動された位置から - Y の方向に 5 センチだけ位置を補正され、最終的に、ピッキングに最適の位置に戻されることになる。 20 30

【0067】

また、アクチュエータを使用してハンド 4 に対する第二のステレオカメラ 7 の位置や姿勢を変える場合には、ステップ a 7 の処理で求められたワーク 2 の位置 (X, Y, Z) にハンド 4 を移動させてハンド 4 に対する第二のステレオカメラ 7 のオフセット量を差し引くことで第二のステレオカメラ 7 の座標原点を実質的に第一のステレオカメラ 6 の座標位置 (X, Y, Z) に一致させる場合と同様、アクチュエータの作動状況に応じてハンド 4 に対する第二のステレオカメラ 7 のオフセット量を差し引くことで対処することが可能である。

【0068】

【発明の効果】 40

本発明のピッキング装置は、最初にワークの位置および姿勢を検出するために使用される第一のステレオカメラを産業用ロボットとは独立して固定的に設置することで第一のステレオカメラを構成するカメラ間の視差を大きく取るようにしたので、第一のステレオカメラを用いた初期段階の検出操作におけるワークの位置および姿勢の認識精度が向上し、第二のステレオカメラは撮影対象となる領域を狭く絞り込んで撮影するだけで確実にワークを撮影することが可能となり、解析の対象となる画像データの容量が軽減されるので、ワークの実位置および実姿勢のズレ量の演算に必要とされる所要時間が短縮されて高速の演算処理が実現される。

第二のステレオカメラは産業用ロボット上でハンドの近傍に取り付ける必要上、カメラ間の視差を短くしたコンパクトな構成とされるが、ワークに接近した状態でワークを撮影す 50

ることができるので、十分な精度でワークの位置および姿勢のズレを検出することができる。

【0069】

また、ワークの移動位置に追従させてハンドを移動させながら第二のステレオカメラを繰り返し作動させてワークの位置および姿勢のズレ量を求めるようにしたので、荷崩れ等によってコンペア上のワークの位置や姿勢に変化が生じた場合であっても、位置や姿勢のズレ量に応じてピッキング動作の目標位置やハンドの姿勢を適切に補正して確実なピッキング動作を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用した一実施形態のピッキング装置の構成を簡略化して示した模式図である。 10

【図2】第二のステレオカメラの外観を簡略化して示した斜視図である。

【図3】コンピュータシステムの一部を構成するロボット制御装置の要部を示した機能ブロック図である。

【図4】コンピュータシステムの一部を構成する数値制御装置の要部を示した機能ブロック図である。

【図5】数値制御装置側のCPUが実行するピッキング制御の概略を示したフローチャートである。

【図6】ピッキング制御の概略を示したフローチャートの続きである。

【図7】ピッキング制御の概略を示したフローチャートの続きである。 20

【図8】ロボット制御装置のCPUが実行するパルス分配処理の概略を示したフローチャートである。

【図9】パルス分配処理の概略を示したフローチャートの続きである。

【図10】フレームメモリ内のデータ配列の一例を示した概念図である。

【図11】不揮発性メモリに記憶されている3次元形状データの一例を示した概念図である。

【図12】第一のステレオカメラで撮影された画像の一例を示した概念図である。

【図13】ワークの画像データを解析して得られる3次元情報の一例を示した概念図である。

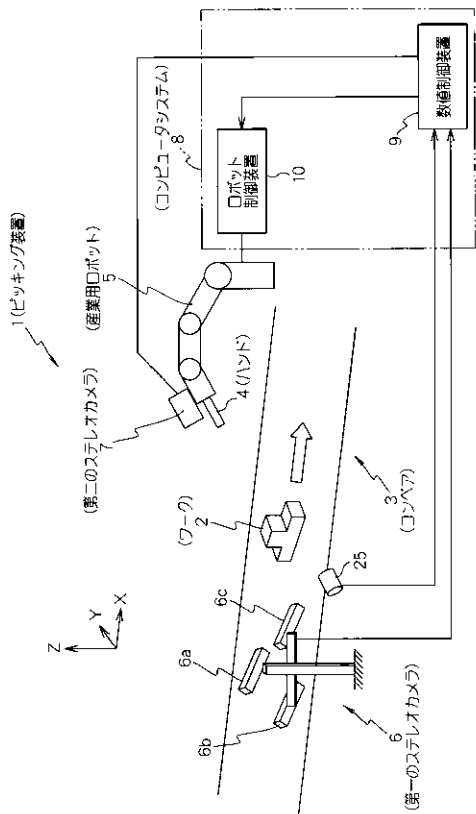
【図14】ワークの3次元情報と不揮発性メモリに登録されている3次元形状データとの照合例を示した概念図である。 30

【符号の説明】

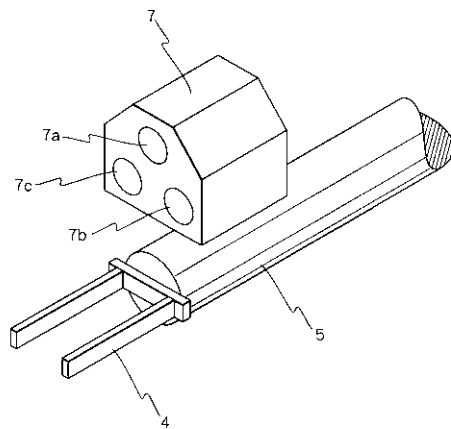
- 1 ピッキング装置
- 2 ワーク
- 3 コンペア
- 4 ハンド
- 5 産業用ロボット
- 6 第一のステレオカメラ
- 6 a , 6 b , 6 c カメラ
- 7 第二のステレオカメラ
- 7 a , 7 b , 7 c カメラ
- 8 コンピュータシステム
- 9 数値制御装置 (コンピュータシステムの一部)
- 10 ロボット制御装置 (コンピュータシステムの一部)
- 11 ROM
- 12 不揮発性メモリ
- 13 CPU (追跡動作制御手段の一部 , ピッキング動作制御手段)
- 14 RAM
- 15 軸制御回路
- 16 表示装置付手動データ入力装置

- 17 入出力インターフェイス
- 18 ROM
- 19 不揮発性メモリ
- 20 CPU (位置姿勢演算手段,ズレ量演算手段,位置姿勢補正手段,追跡動作制御手段の一部)
- 21 RAM
- 22 表示装置付手動データ入力装置
- 23 入出力インターフェイス
- 24 フレームメモリ
- 25 定位置検出センサ

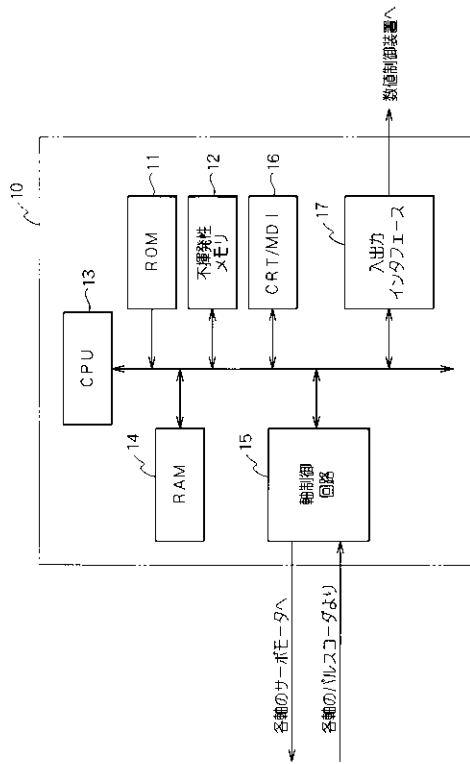
【 図 1 】



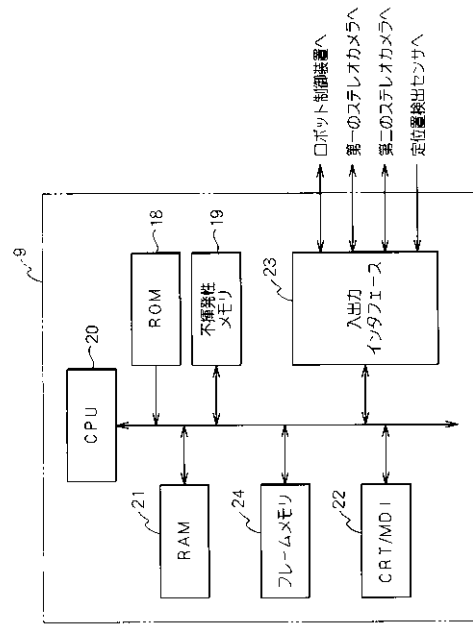
【 図 2 】



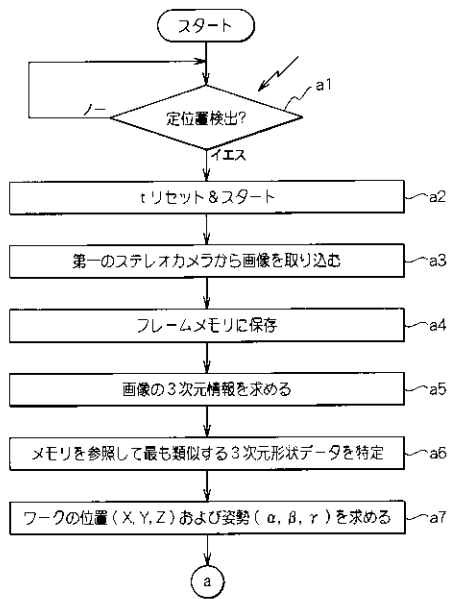
【 図 3 】



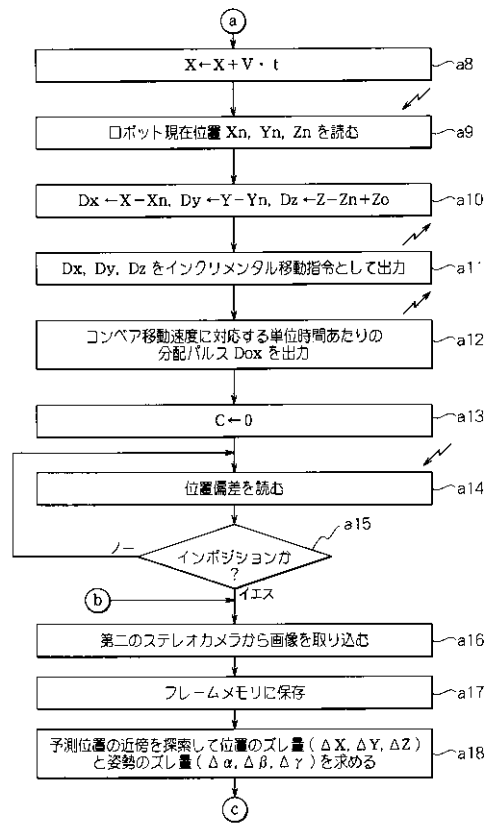
【 図 4 】



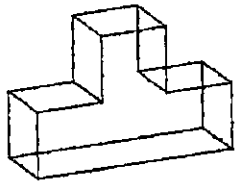
【 図 5 】



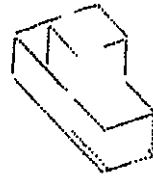
【 図 6 】



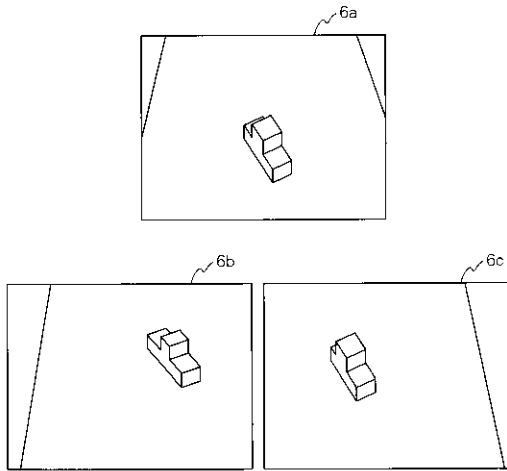
【 図 1 1 】



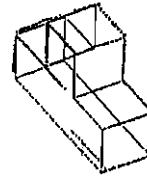
【 図 1 3 】



【 図 1 2 】



【 図 1 4 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 3C007 BS10 KS03 KS04 KS05 KT03 KT05 KT06 LT06 LT12 MT02
NS02
3F072 AA06 GA10 KA01 KD01 KD28