(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B1)　(11)特許番号
特許第6832408号
(P6832408)
(45)発行日　令和3年2月24日(2021.2.24)　(24)登録日　令和3年2月3日(2021.2.3)

(51)Int.Cl.　　F I
B25J 13/08 (2006.01)　　B25J 13/08　A
B25J 5/00 (2006.01)　　B25J 5/00　E

請求項の数 5　(全 17 頁)

(21)出願番号　特願2019-185599(P2019-185599)
(22)出願日　令和1年10月9日(2019.10.9)
審査請求日　令和2年6月3日(2020.6.3)

早期審査対象出願

(73)特許権者　000146847
DMG森精機株式会社
奈良県大和郡山市北郡山町１０６番地
(74)代理人　100104662
弁理士　村上　智司
(72)発明者　長末　秀樹
奈良県大和郡山市北郡山町１０６番地　DMG森精機株式会社内
(72)発明者　中川　昌昭
奈良県大和郡山市北郡山町１０６番地　DMG森精機株式会社内
(72)発明者　大場　勇太
奈良県大和郡山市北郡山町１０６番地　DMG森精機株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】生産システム

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
ワークを加工する加工領域を機内に備えると共に、該加工領域内に配設されて、該加工領域内を撮像するカメラを備えた工作機械と、
前記工作機械に対して作業を行うロボットと、
前記ロボットを搭載し、前記工作機械に対して設定された作業位置に経由する無人搬送車と、
予め設定された動作指令を含む動作プログラムに従って、前記無人搬送車を前記作業位置に移動させた後、前記ロボットに、作業開始姿勢から移行して、姿勢を補正するための撮像姿勢を取らせ、ついで複数の作業姿勢を順次取らせるように構成された制御装置とを備え、
前記作業開始姿勢、撮像姿勢及び作業姿勢は、前記ロボットをティーチング操作することによって予め設定される生産システムであって、
姿勢補正用の識別図形を有する識別体が前記ロボットに配設され、
前記撮像姿勢は、前記工作機械に設けられた前記カメラによって前記識別体を撮像可能な姿勢であり、
前記制御装置は、前記工作機械と通信可能に構成され、該工作機械に対して、前記カメラにより撮像する撮像信号を送信すると共に、該カメラによって撮像された画像を前記工作機械から受信するように構成され、
更に、前記ティーチング操作時に、前記ロボットが撮像姿勢に移行した状態で、前記工

作機械に前記撮像信号を送信して前記カメラにより前記識別図形を撮像させると共に、撮像された画像を前記工作機械から受信して、得られた識別図形の画像を基準画像として予め記憶し、前記動作プログラムに従って、前記無人搬送車及びロボットを繰り返し動作させる際に、前記ロボットを、前記作業開始姿勢から前記撮像姿勢に移行させた状態で、前記撮像信号を前記工作機械に送信して前記カメラにより撮像される前記識別図形の画像を前記工作機械から受信し、受信した画像及び前記基準画像に基づいて、前記ロボットの現在の姿勢とティーチング操作時の姿勢との間の誤差量を推定し、推定された誤差量に基づいて、前記作業姿勢を補正するように構成されていることを特徴とする生産システム。

【請求項２】

ワークを加工する加工領域を機内に備えると共に、該加工領域内に配設されて、該加工領域内を撮像するカメラを備えた工作機械と、

前記工作機械に対して作業を行うロボットと、

前記ロボットを搭載し、前記工作機械に対して設定された作業位置に経由する無人搬送車と、

予め設定された動作指令を含む動作プログラムに従って、前記無人搬送車を前記作業位置に移動させた後、前記ロボットに、作業開始姿勢から移行して、姿勢を補正するための撮像姿勢を取らせ、ついで複数の作業姿勢を順次取らせるように構成された制御装置とを備え、

前記作業開始姿勢、撮像姿勢及び作業姿勢は、前記ロボットをティーチング操作することによって予め設定される生産システムであって、

姿勢補正用の識別図形を有する識別体が前記ロボットに配設され、

前記撮像姿勢は、前記工作機械に設けられた前記カメラによって前記識別体を撮像可能な姿勢であり、

前記制御装置は、前記工作機械と通信可能に構成され、前記ティーチング操作時に、前記ロボットが撮像姿勢に移行した状態で、前記工作機械に撮像信号を送信して前記カメラにより前記識別図形を撮像させると共に、前記動作プログラムに従って、前記無人搬送車及びロボットを繰り返し動作させる際に、前記ロボットを、前記作業開始姿勢から前記撮像姿勢に移行させた状態で、前記撮像信号を前記工作機械に送信して前記カメラにより前記識別図形を撮像させるように構成され、更に、前記ロボットの作業姿勢を補正するための補正データを前記工作機械から受信し、受信した補正データに基づいて前記作業姿勢を補正するように構成され、

前記工作機械は、前記ティーチング操作時に、前記カメラによって撮像された識別図形の画像を基準画像として記憶すると共に、前記動作プログラムに従った繰り返し動作時に、前記カメラによって撮像された識別図形の画像、及び前記基準画像に基づいて、前記ロボットの現在の姿勢とティーチング操作時の姿勢との間の誤差量を推定し、推定された誤差量に基づいて、前記作業姿勢を補正するための前記補正データを生成して、前記制御装置に送信するように構成されていることを特徴とする生産システム。

【請求項３】

前記工作機械は、工具を保持する工具主軸を備え、前記カメラは、前記工具主軸に着脱可能に設けられるホルダに装着されている請求項１又は２記載の生産システム。

【請求項４】

前記識別体は、前記ロボットが備えるハンドに装着されている請求項１乃至３記載のいずれかの生産システム。

【請求項５】

前記識別体が備える図形は、複数の画素が二次元に配列されたマトリクス構造を有するものである請求項１乃至４記載のいずれかの生産システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、ワークを加工する工作機械、工作機械に対して作業を行うロボット、ロボッ

トを搭載し、工作機械に対して設定された作業位置に経由する無人搬送車、並びにこれらロボット及び無人搬送車の動作を制御する制御装置から構成される生産システムに関する。

【背景技術】

【０００２】

従来、上述した生産システムの一例として、特開２０１７－１３２００２号公報（下記特許文献１）に開示された生産システムが知られている。このような生産システムでは、ロボットを搭載した無人搬送車が、工作機械に対して設定された作業位置に移動し、当該作業位置において、ロボットにより当該工作機械に対してワークの着脱等の作業が実行される。

【０００３】

このような、生産システムでは、無人搬送車によって移動する一台のロボットにより、複数の工作機械に対してワークの着脱等の作業を実施することができるので、工作機械に対してロボットを固定した状態で配設する場合に比べて、工作機械のレイアウトの自由度が増すため、工作機械のレイアウトをより生産効率を高めることが可能なレイアウトに設定することができる。また、ロボットを固定状態で配設した旧来の生産システムに比べて、一台のロボットにより、より多くの工作機械に対して作業を行うことができるので、設備費用の低廉化を図ることができる。

【０００４】

その一方、無人搬送車は車輪を用いて自走する構造であるが故に、前記作業位置に停止するその位置決め精度は必ずしも高いものとは言えない。このため、ロボットが工作機械に対して正確な作業を行うためには、無人搬送車を前記作業位置へ位置決めした際のロボットの姿勢と、制御上の基準となる所謂ティーチング時に設定されたロボットの基準姿勢とを比較して、その誤差量を検出し、当該誤差量に応じてロボットの作業姿勢を補正する必要がある。

【０００５】

このようなロボットの姿勢を補正する技術として、従来、特開２０１６－２２１６２２号公報（下記特許文献２）に開示されるような位置補正手法が知られている。具体的には、この位置補正手法は、２つの較正用マーカからなる視覚ターゲットを工作機械の外表面に配設し、ロボットの可動部に設けられたカメラにより、前記視覚ターゲットを撮像し、得られた画像と、カメラの位置及び姿勢とを基に、ロボットと工作機械との相対的な位置関係を測定し、測定された位置関係に基づいて、ロボットの作業姿勢を補正するというものである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００６】

【特許文献１】特開２０１７－１３２００２号公報

【特許文献２】特開２０１６－２２１６２２号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００７】

ところが、上述した従来の位置補正手法では、例えば、ロボットのハンドなどを工作機械内に進入させ、当該ハンドを用いて工作機械のチャックなどに対してワークの着脱を行う際に、この着脱を行うロボットの作業姿勢を正確に補正することができないという問題があった。

【０００８】

即ち、前記無人搬送車は、比較的自由度の高い車輪の動作によって移動するように構成されているため、ロボットが搭載された載置面は床面に対して傾き易く、また、当該傾きが、搭載するロボットの姿勢の変化に応じて、言い換えれば、ロボットの重心位置の変化に応じて、変動し易いという特性を有している。

【０００９】
このため、上述したワークの着脱を行う際に、ロボットがそのハンドを工作機械内に進入させた姿勢を取るとき、言い換えれば、ロボットのアームが前記無人搬送車から大きくオーバハングした状態となるときの前記載置面の傾きは、ロボットのハンドが工作機械の機外に在り、アームが前記無人搬送車からオーバハングしていないか、或いはオーバハングしていたとしても少量である場合の傾きよりも、大きなものとなる。
【００１０】
したがって、上述した従来の位置補正手法のように、較正用マーカである視覚ターゲットを工作機械の外表面に配設し、ロボットが工作機械の機外に在る状態で、ロボットの位置補正量（姿勢補正量）を取得しても、得られた位置補正量を用いては、ロボットのハンドが工作機械内にあるときに実行されるワークの着脱動作については、当該ロボットの姿勢を正確には補正することができないのである。
【００１１】
そして、ワークを着脱する際のロボットの姿勢を正確に補正することができなければ、チャックに対してロボットハンドを正確に位置決めすることができず、例えば、前記チャックがコレットチャックなど、把持部の動き代（ストローク）が極僅かであるチャックの場合には、当該チャックに対してワークを確実に把持させることができないという問題を生じる。
【００１２】
斯くして、このようにワークの着脱を確実に実行することができなければ、当該生産システムの稼働率が低下することになるため、当該生産システムにおいて、信頼性が高く、生産効率の良い無人化を実現することはできない。
【００１３】
本発明は、以上の実情に鑑みなされたものであって、無人搬送車に搭載されたロボットにより、工作機械に対して作業を行うように構成された生産システムにおいて、工作機械に対するロボットの作業姿勢をより高精度に補正することができる生産システムの提供を、その目的とする。
【課題を解決するための手段】
【００１４】
上記課題を解決するための本発明は、
ワークを加工する加工領域を機内に備えると共に、該加工領域内に配設されて、該加工領域内を撮像するカメラを備えた工作機械と、
前記工作機械に対して作業を行うロボットと、
前記ロボットを搭載し、前記工作機械に対して設定された作業位置に経由する無人搬送車と、
予め設定された動作指令を含む動作プログラムに従って、前記無人搬送車を前記作業位置に移動させた後、前記ロボットに、作業開始姿勢から移行して、姿勢を補正するための撮像姿勢を取らせ、ついで複数の作業姿勢を順次取らせるように構成された制御装置とを備え、
前記作業開始姿勢、撮像姿勢及び作業姿勢は、前記ロボットをティーチング操作することによって予め設定される生産システムであって、
姿勢補正用の識別図形を有する識別体が前記ロボットに配設され、
前記撮像姿勢は、前記工作機械に設けられた前記カメラによって前記識別体を撮像可能な姿勢であり、
前記制御装置は、前記工作機械と通信可能に構成され、該工作機械に対して、前記カメラにより撮像する撮像信号を送信すると共に、該カメラによって撮像された画像を前記工作機械から受信するように構成され、
更に、前記ティーチング操作時に、前記ロボットが撮像姿勢に移行した状態で、前記工作機械に前記撮像信号を送信して前記カメラにより前記識別図形を撮像させると共に、撮像された画像を前記工作機械から受信して、得られた識別図形の画像を基準画像として予

め記憶し、前記動作プログラムに従って、前記無人搬送車及びロボットを繰り返し動作させる際に、前記ロボットを、前記作業開始姿勢から前記撮像姿勢に移行させた状態で、前記撮像信号を前記工作機械に送信して前記カメラにより撮像される前記識別図形の画像を前記工作機械から受信し、受信した画像及び前記基準画像に基づいて、前記ロボットの現在の姿勢とティーチング操作時の姿勢との間の誤差量を推定し、推定された誤差量に基づいて、前記作業姿勢を補正するように構成された生産システムに係る。

【００１５】

この生産システムによれば、前記制御装置により前記無人搬送車及びロボットが制御され、無人搬送車は工作機械に対して設定された作業位置に経由する。そして、ロボットは、前記制御装置による制御の下、予め設定された動作指令を含む動作プログラムに従った複数の作業姿勢を順次取ることにより、例えば、工作機械に対してワークの着脱などの作業を実行する。

【００１６】

ロボットの動作は動作プログラムに従って制御され、無人搬送車が前記作業位置に移動した後、ロボットは、作業開始姿勢から動作を開始し、ついで、自身に取り付けられた姿勢補正用の識別図形を工作機械の加工領域内に配設されたカメラによって撮像可能な撮像姿勢をとり、次に複数の作業姿勢を順次取るように動作する。この作業開始姿勢、撮像姿勢及び作業姿勢は、予め、ロボットをティーチング操作することによって設定される。

【００１７】

そして、制御装置は、前記ティーチング操作時に、ロボットを撮像姿勢に移行させた状態で、工作機械に撮像信号を送信してカメラにより識別図形を撮像させると共に、撮像された画像を工作機械から受信して、得られた識別図形の画像を基準画像として予め記憶する。

【００１８】

次に、制御装置は、動作プログラムに従って、無人搬送車及びロボットを繰り返し動作させる際に、ロボットを、作業開始姿勢から撮像姿勢に移行させた状態で、撮像信号を工作機械に送信してカメラによって識別図形を撮像させ、ついで、得られた識別図形の画像を工作機械から受信し、受信した画像及び前記基準画像に基づいて、ロボットの現在の姿勢とティーチング操作時の姿勢との間の誤差量を推定し、推定された誤差量に基づいて、前記作業姿勢を補正する。

【００１９】

斯くして、この生産システムでは、ロボットが実際に作業する工作機械の加工領域内に配設されたカメラを用いるとともに、ロボットに、当該ロボットに配設された識別図形を前記カメラによって撮像する撮像姿勢を取らせることにより得られた識別図形の画像を用いて、ロボットの作業姿勢を補正するようにしているので、当該作業姿勢を正確に補正することができ、これにより、ロボットは、高い動作精度が求められる作業でも、当該作業を精度良く実行することができる。

【００２０】

そして、このようにロボットが精度の良い作業を実行することで、当該生産システムは不要な中断を招くことなく高い稼働率で稼働し、結果、当該生産システムによれば、信頼性が高く、生産効率の高い無人化を図ることが可能となる。

【００２１】

尚、本発明に係る生産システムでは、上記のように、前記制御装置によって前記誤差量を推定する態様（第１の態様）の他に、これに代えて、前記工作機械において、前記誤差量を推定する態様（第２の態様）を採ることができる。この第２の態様の場合、前記制御装置及び工作機械は以下のように構成される。

【００２２】

即ち、制御装置は、工作機械と通信可能に構成され、ティーチング操作時に、ロボットが撮像姿勢に移行した状態で、工作機械に撮像信号を送信してカメラにより識別図形を撮

像させると共に、動作プログラムに従って、無人搬送車及びロボットを繰り返し動作させる際に、ロボットを、作業開始姿勢から撮像姿勢に移行させた状態で、撮像信号を工作機械に送信してカメラにより識別図形を撮像させるように構成され、更に、ロボットの作業姿勢を補正するための補正データを工作機械から受信し、受信した補正データに基づいて作業姿勢を補正するように構成される。

【００２３】

一方、工作機械は、ティーチング操作時に、カメラによって撮像された識別図形の画像を基準画像として記憶すると共に、前記動作プログラムに従った繰り返し動作時に、カメラによって撮像された識別図形の画像、及び基準画像に基づいて、ロボットの現在の姿勢とティーチング操作時の姿勢との間の誤差量を推定し、推定された誤差量に基づいて前記作業姿勢を補正するための補正データを生成して、前記制御装置に送信するように構成される。

【００２４】

この第２の態様の生産システムにおいても、上述した第１の態様の生産システムと同様の作用、効果が奏される。

【００２５】

また、前記第１及び第２の態様の生産システムにおいて、前記識別図形は、ロボットに配設された識別体に表示された態様を採ることができ、この識別体への表示は、当該識別体に識別図形を直接描画する態様や、識別図形が描画されたシート体を当該識別体に貼付ける態様を採ることができる。また、識別体をディスプレイから構成して、このディスプレイに識別図形を表示するようにしても良い。また、当該識別体は、前記ロボットが備えるハンドに装着された態様をとることができる。

【００２６】

更に、前記カメラは、前記工作機械が工具を保持する工具主軸を備えた態様において、この工具主軸に着脱可能に設けられるホルダに装着された態様を採ることができる。このようなホルダは、工作機械が加工を実行している間においては、これを加工領域外に配置することができるので、カメラが切屑等によって汚損されるのを防止することができる。この結果、上記補正を精度良く行うことができる。

【００２７】

また、上記の生産システムにおいて、前記識別体が備える図形は、複数の画素が二次元に配列されたマトリクス構造を備えた態様を採ることができる。

【発明の効果】

【００２８】

以上のように、本発明に係る生産システムによれば、ロボットが実際に作業する工作機械の加工領域内に配設されたカメラを用いるとともに、ロボットに、当該ロボットに配設された識別図形を前記カメラによって撮像する撮像姿勢を取らせることにより得られた識別図形の画像を用いて、ロボットの作業姿勢を補正するようにしているので、当該作業姿勢を正確に補正することができ、これにより、ロボットは、高い動作精度が求められる作業でも、当該作業を精度良く実行することができる。

【００２９】

そして、このように、ロボットが精度の良い作業を実行することで、当該生産システムは不要な中断を招くことなく高い稼働率で稼働し、この結果、当該生産システムによれば、信頼性が高く、生産効率の高い無人化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【００３０】

【図１】本発明の第１の実施形態に係る生産システムの概略構成を示した平面図である。

【図２】第１の実施形態に係る生産システムの構成を示したブロック図である。

【図３】第１の実施形態に係る無人搬送車及びロボットを示した斜視図である。

【図４】第１の実施形態に係るロボットの動作姿勢を説明するための説明図である。

【図５】第１の実施形態に係るロボットの動作姿勢を説明するための説明図である。

【図６】（ａ）は、第１の実施形態に係る識別図形を示した説明図であり、（ｂ）は、ロボットが撮像姿勢のときに、カメラにより撮像される画像の一例を示した説明図である。
【図７】本発明の第２の実施形態に係る生産システムの構成を示したブロック図である。
【発明を実施するための形態】
【００３１】
以下、本発明の具体的な実施の形態について、図面を参照しながら説明する。
【００３２】
（第１の実施形態）
まず、本発明の第１の実施形態について説明する。図１及び図２に示すように、本例の生産システム１は、工作機械１０、周辺装置としての材料ストッカ２０及び製品ストッカ２１、無人搬送車３５、この無人搬送車３５に搭載されるロボット２５、ロボット２５に装着される識別体３０、並びにロボット２５及び無人搬送車３５を制御する制御装置４０などから構成される。
【００３３】
図４及び図５に示すように、前記工作機械１０は、ワークを把持するチャック１５が装着されるワーク主軸、旋削工具などが配設されるタレット１４、並びに回転工具等が保持される工具主軸１２を有する刃物台１１など備えた所謂複合加工型のＮＣ（数値制御）工作機械１０であり、旋削加工及びミーリング加工の双方を行うことができるようになっている。また、この工作機械１０の加工領域内には、当該加工領域内の画像を撮像するカメラ１６が設けられている。尚、前記回転工具等はホルダ１３に保持された状態で工具主軸１２に装着される。
【００３４】
前記材料ストッカ２０は、図１において工作機械１０の左隣に配設され、当該工作機械１０で加工される複数の材料（加工前ワーク）をストックする装置である。また、前記製品ストッカ２１は、図１において工作機械１０の右隣に配設され、当該工作機械１０で加工された複数の製品、又は半製品（加工済ワーク）をストックする装置である。
【００３５】
図１に示すように、前記無人搬送車３５には、その上面である載置面３６に前記ロボット２５が搭載され、また、オペレータが携帯可能な操作盤３７が付設されている。尚、この操作盤３７は、データの入出力を行う入出力部、当該無人搬送車３５及びロボット２５を手動操作する操作部、並びに画面表示可能なディスプレイなどを備えている。
【００３６】
また、無人搬送車３５は、工場内における自身の位置を認識可能なセンサ（例えば、レーザ光を用いた距離計測センサ）を備えており、前記制御装置４０による制御の下で、前記工作機械１０、材料ストッカ２０及び製品ストッカ２１が配設される領域を含む工場内を無軌道で走行するように構成され、本例では、前記工作機械１０、材料ストッカ２０及び製品ストッカ２１のそれぞれに対して設定された各作業位置に経由する。
【００３７】
前記ロボット２５は、第１アーム２６、第２アーム２７及び第３アーム２８の３つのアームを備えた多関節型のロボットであり、第３アーム２８の先端部にはエンドエフェクタとしてのハンド２９が装着され、また、このハンド２９に識別体３０が装着されている。この識別体３０には、図６（ａ）に示した識別図形が描画されたシートが貼着されている。尚、本例の識別図形は複数の正方形をした画素が二次元に配列されたマトリクス構造を有するものであり、各画素が白または黒で表示されている。図６では、黒色の画素に斜線を付している。
【００３８】
前記制御装置４０は、前記無人搬送車３５の筐体内に格納されており、図２に示すように、動作プログラム記憶部４１、移動位置記憶部４２、動作姿勢記憶部４３、マップ情報記憶部４４、基準画像記憶部４５、手動運転制御部４６、自動運転制御部４７、マップ情報生成部４８、位置認識部４９、補正量算出部５０及び入出力インターフェース５１から

構成される。そして、制御装置４０は、この入出力インターフェース５１を介して、前記工作機械１０、材料ストッカ２０、製品ストッカ２１、ロボット２５、無人搬送車３５及び操作盤３７に接続している。

【００３９】

尚、制御装置４０は、ＣＰＵ、ＲＡＭ、ＲＯＭなどを含むコンピュータから構成され、前記手動運転制御部４６、自動運転制御部４７、マップ情報生成部４８、位置認識部４９、補正量算出部５０及び入出力インターフェース５１は、コンピュータプログラムによってその機能が実現され、後述する処理を実行する。また、動作プログラム記憶部４１、移動位置記憶部４２、動作姿勢記憶部４３、マップ情報記憶部４４及び基準画像記憶部４５はＲＡＭなどの適宜記憶媒体から構成される。

【００４０】

前記手動運転制御部４６は、オペレータにより前記操作盤３７から入力される操作信号に従って、前記無人搬送車３５及びロボット２５を動作させる機能部である。即ち、オペレータは、この手動運転制御部４６による制御の下で、操作盤３７を用いて、前記無人搬送車３５及びロボット２５の手動操作を実行することができ、また、工作機械１０に対して、カメラ１６によって画像を撮像し、撮像された画像を制御装置４０に転送する操作信号（撮像信号）を送信することができる。

【００４１】

前記動作プログラム記憶部４１は、生産時に前記無人搬送車３５及び前記ロボット２５を自動運転するための自動運転用プログラム、並びに後述する工場内のマップ情報を生成する際に前記無人搬送車３５を動作させるためのマップ生成用プログラムを記憶する機能部である。自動運転用プログラム及びマップ生成用プログラムは、例えば、前記操作盤３７に設けられた入出力部から入力され、当該動作プログラム記憶部４１に格納される。

【００４２】

尚、この自動運転用プログラムには、無人搬送車３５が移動する目標位置としての移動位置、移動速度及び無人搬送車３５の向きに関する指令コードが含まれ、また、ロボット２５が順次動作する当該動作に関する指令コード、及び前記カメラ１６の操作に関する指令コード（即ち、カメラ１６によって画像を撮像し、撮像された画像を制御装置４０に転送する操作信号（撮像信号）を工作機械１０に送信する指令コード）が含まれる。また、マップ生成用プログラムは、前記マップ情報生成部４８においてマップ情報を生成できるように、無人搬送車３５を無軌道で工場内を隈なく走行させるための指令コードが含まれる。

【００４３】

前記マップ情報記憶部４４は、無人搬送車３５が走行する工場内に配置される機械、装置、機器など（装置等）の配置情報を含むマップ情報を記憶する機能部であり、このマップ情報は前記マップ情報生成部４８によって生成される。

【００４４】

前記マップ情報生成部４８は、詳しくは後述する前記制御装置４０の自動運転制御部４７による制御の下で、前記動作プログラム記憶部４１に格納されたマップ生成用プログラムに従って無人搬送車３５を走行させた際に、前記センサによって検出される距離データから工場内の空間情報を取得するとともに、工場内に配設される装置等の平面形状を認識し、例えば、予め登録された装置等の平面形状を基に、工場内に配設された具体的な装置、本例では、工作機械１０、材料ストッカ２０及び製品ストッカ２１の位置、平面形状等（配置情報）を認識する。そして、マップ情報生成部４８は、得られた空間情報及び装置等の配置情報を工場内のマップ情報として前記マップ情報記憶部４４に格納する。

【００４５】

前記位置認識部４９は、前記センサによって検出される距離データ、及び前記マップ情報記憶部４４に格納された工場内のマップ情報を基に、工場内における無人搬送車３５の位置を認識する機能部であり、この位置認識部４９によって認識される無人搬送車３５の位置に基づいて、当該無人搬送車３５の動作が前記自動運転制御部４７によって制御され

る。
【００４６】
前記移動位置記憶部４２は、前記無人搬送車３５が移動する具体的な目標位置としての移動位置であって、前記動作プログラム中の指令コードに対応した具体的な移動位置を記憶する機能部であり、この移動位置には、上述した工作機械１０、材料ストッカ２０及び製品ストッカ２１に対して設定される各作業位置が含まれる。尚、この移動位置は、例えば、前記手動運転制御部４６による制御の下、前記操作盤３７により前記無人搬送車３５を手動運転して、目標とする各位置に移動させた後、前記位置認識部４９によって認識される位置データを前記移動位置記憶部４２に格納する操作によって設定される。この操作は所謂ティーチング操作と呼ばれる。
【００４７】
前記動作姿勢記憶部４３は、前記ロボット２５が所定の順序で動作することによって順次変化するロボット２５の姿勢（動作姿勢）であって、前記動作プログラム中の指令コードに対応した動作姿勢に係るデータを記憶する機能部である。この動作姿勢に係るデータは、前記手動運転制御部４６による制御の下で、前記操作盤３７を用いたティーチング操作により、当該ロボット２５を手動運転して、目標とする各姿勢を取らせたときの、当該各姿勢におけるロボット２５の各関節（モータ）の回転角度データであり、この回転角度データが動作姿勢に係るデータとして前記動作姿勢記憶部４３に格納される。
【００４８】
ロボット２５の具体的な動作姿勢は、前記材料ストッカ２０、工作機械１０及び製品ストッカ２１において、それぞれ設定される。例えば、材料ストッカ２０では、当該材料ストッカ２０において作業を開始するときの作業開始姿勢（取出開始姿勢）、当該材料ストッカ２０に収納された加工前ワークをハンド２９によって把持して、当該材料ストッカ２０から取り出すための各作業姿勢（各取出姿勢）及び取出を完了したときの姿勢（取出完了姿勢であり、本例では、取出開始姿勢と同じ姿勢）が取出動作姿勢として設定される。
【００４９】
また、工作機械１０では、加工済のワークを工作機械１０から取り出すワーク取出動作姿勢、及び加工前ワークを工作機械１０に取り付けるワーク取付動作姿勢が設定される。
【００５０】
具体的には、ワーク取出動作姿勢では、例えば、工作機械１０に進入する前の作業開始姿勢（図４参照）、ハンド２９を加工領域内に進入させて、当該ハンド２９に設けられた識別体３０の識別図形を工作機械１０の加工領域内に配設されたカメラ３１によって撮像させる姿勢（撮像姿勢）（図５参照）、工作機械１０のチャック１５に把持された加工済ワークに対してハンド２９を対向させた姿勢（取出準備姿勢）、ハンド２９をチャック１５側に移動させて、当該チャック１５に把持された加工済ワークをハンド２９によって把持する姿勢（把持姿勢）、ハンド２９をチャック１５から離隔させて加工済ワークをチャック１５から取り外した姿勢（取外姿勢）、工作機械１０から抜け出させた姿勢（作業完了姿勢）の各姿勢が設定される。
【００５１】
また、ワーク取付動作姿勢では、例えば、工作機械１０に進入する前の作業開始姿勢（図４参照）、ハンド２９を加工領域内に進入させて、当該ハンド２９に設けられた識別体３０の識別図形を工作機械１０の加工領域内に配設されたカメラ３１によって撮像させる姿勢（撮像姿勢）（図５参照）、工作機械１０のチャック１５に対してハンド２９に把持された加工前ワークを対向させた姿勢（取付準備姿勢）、ハンド２９をチャック１５側に移動させて、加工前ワークを当該チャック１５によって把持可能にした姿勢（取付姿勢）、ハンド２９をチャック１５から離隔させた姿勢（離隔姿勢）、工作機械１０から抜け出させた姿勢（作業完了姿勢）の各姿勢が設定される。
【００５２】
前記製品ストッカ２１では、当該製品ストッカ２１において作業を開始するときの作業開始姿勢（収納開始姿勢）、ハンド２９に把持した加工後のワークを製品ストッカ２１内

に収納するための各作業姿勢（収納姿勢）及び収納を完了したときの姿勢（収納完了姿勢であり、本例では、収納開始姿勢と同じ姿勢）が収納動作姿勢として設定される。

【００５３】

前記自動運転制御部４７は、前記動作プログラム記憶部４１に格納された自動運転用プログラム及びマップ生成用プログラムの何れかを用い、当該プログラムに従って無人搬送車３５及びロボット２５、並びに工作機械１０を介して前記カメラ１６を動作させる機能部である。その際、前記移動位置記憶部４２及び動作姿勢記憶部４３に格納されたデータが必要に応じて使用される。

【００５４】

前記基準画像記憶部４５は、ティーチング操作時に、無人搬送車３５が工作機械１０に対して設定された作業位置に在り、ロボット２５が撮像姿勢にあるときに、前記カメラ１６によって撮像された識別図形の画像を、前記工作機械１０から受信して基準画像として記憶する機能部である。

【００５５】

前記補正量算出部５０は、前記自動運転制御部４７による制御の下で、前記動作プログラム記憶部４１に格納された自動運転用プログラムに従って前記ロボット２５が自動運転される際に、当該ロボット２５が撮像姿勢にあり、前記工作機械１０に設けられたカメラ１６によって撮像された識別図形の画像を当該工作機械１０から受信すると、当該自動運転時に得られた識別図形の画像と、前記基準画像記憶部４５に格納された基準画像とを基に、ティーチング時におけるロボット２５の撮像姿勢と、自動運転時におけるロボット２５の撮像姿勢との間の誤差量を推定し、推定された誤差量に基づいて、ロボット２５のワーク取出動作姿勢及びワーク取付動作姿勢に対する補正量を算出する。図６（ｂ）に自動運転時に撮像された識別図形の一例を示している。

【００５６】

前記カメラ１６は所謂ステレオカメラであり、これらによって得られる画像から、カメラ１６と識別図形との間の相対的な位置関係、及びカメラ１６と識別図形（即ち、識別体３０）との相対的な回転角、例えば、直交３軸周りの回転角を算出することができる。斯くして、前記基準画像を基に算出される位置関係及び回転角、並びに自動運転時に得られる画像を基に算出される位置関係及び回転角から、ティーチング時のロボット２５の撮像姿勢と、自動運転時のロボット２５の撮像姿勢との間の誤差量を推定することができる。

【００５７】

以上の構成を備えた本例の生産システム１によれば、以下のようにして、無人自動生産が実行される。

【００５８】

即ち、前記制御装置４０の自動運転制御部４７による制御の下で、前記動作プログラム記憶部４１に格納された自動運転用プログラムが実行され、この自動運転用プログラムに従って、例えば、無人搬送車３５及びロボット２５が以下のように動作する。

【００５９】

まず、無人搬送車３５は、工作機械１０に対して設定された作業位置に移動するとともに、ロボット２５は上述したワーク取出動作の作業開始姿勢を取る。尚、この時、工作機械１０は所定の加工を完了して、ロボット２５が加工領域内に侵入可能なようにドアカバーを開いており、また、自動運転制御部４７からの指令を受信して、前記ツールプリセッタ１３の支持バー１５を加工領域内に進出させているものとする。

【００６０】

ついで、ロボット２５は前記撮像姿勢に移行する。そして、自動運転制御部４７は、ロボット２５を撮像姿勢に移行させた後、工作機械１０に対して、ロボット２５のハンド２９に装着された識別体３０の識別図形をカメラ１６によって撮像する指令（信号）、及び撮像された画像を制御装置４０に転送する指令（信号）を送信する。尚、これらの指令は撮像指令（撮像信号）を形成する。これにより、カメラ１６による識別図形の撮像が実行され、撮像された画像が制御装置４０に転送される。そして、このようにして、識別図形

の画像が制御装置４０に転送されると、前記補正量算出部５０において、転送された識別図形の画像と、前記基準画像記憶部４５に格納された基準画像とを基に、ロボット２５のティーチング時における撮像姿勢と、現在の撮像姿勢との間の誤差量が推定され、推定された誤差量に基づいて、ロボット２５の以降のワーク取出動作姿勢に対する補正量が算出される。

【００６１】

斯くして、自動運転制御部４７は、補正量算出部５０により算出された補正量に基づいて、以降のワーク取出動作姿勢、即ち、上述した取出準備姿勢、把持姿勢、取外姿勢及び作業完了姿勢を制御し、工作機械１０のチャックに把持された加工済のワークをハンド２９に把持して当該工作機械１０から取り出す。尚、ロボット２５に前記把持姿勢を取らせた後に、自動運転制御部４７から工作機械１０にチャック開指令を送信することで、当該チャックが開かれる。

【００６２】

次に、自動運転制御部４７は、無人搬送車３５を、製品ストッカ２１に対して設定された作業位置に移動させるとともに、ロボット２５に、当該製品ストッカ２１において作業を開始するときの収納開始姿勢、ハンド２９に把持した加工済ワークを製品ストッカ２１内に収納するための各収納姿勢及び収納を完了したときの収納完了姿勢を順次取らせて、ハンド２９に把持した加工済ワークを製品ストッカ２１に収納する。

【００６３】

ついで、自動運転制御部４７は、無人搬送車３５を、材料ストッカ２０に対して設定された作業位置に移動させるとともに、ロボット２５に、当該材料ストッカ２０において作業を開始するときの取出開始姿勢、当該材料ストッカ２０に収納された加工前ワークをハンド２９によって把持して、当該材料ストッカ２０から取り出すための各取出姿勢及び取出を完了したときの取出完了姿勢を順次取らせて、ハンド２９に加工前ワークを把持させる。

【００６４】

次に、自動運転制御部４７は、再度、無人搬送車３５を工作機械１０に対して設定された作業位置に移動させるとともに、ロボット２５に上述したワーク取付動作の作業開始姿勢を取らせる。次に、自動運転制御部４７は、ロボット２５を前記撮像姿勢に移行させた後、工作機械１０に対して、ロボット２５のハンド２９に装着された識別体３０の識別図形をカメラ１６によって撮像する指令、及び撮像された画像を制御装置４０に転送する指令、即ち、前記撮像指令を送信する。これにより、カメラ１６による識別図形の撮像が実行され、撮像された画像が制御装置４０に転送される。そして、このようにして、識別図形の画像が制御装置４０に転送されると、前記補正量算出部５０において、転送された識別図形の画像と、前記基準画像記憶部４５に格納された基準画像とを基に、ロボット２５のティーチング時における撮像姿勢と、現在の撮像姿勢との間の誤差量が推定され、推定された誤差量に基づいて、ロボット２５の以降のワーク取付動作姿勢に対する補正量が算出される。

【００６５】

この後、自動運転制御部４７は、補正量算出部５０により算出された補正量に基づいて、以降のロボット２５のワーク取付動作姿勢、即ち、上述した取付準備姿勢、取付姿勢、離隔姿勢及び作業完了姿勢を制御して、ロボット２５に、ハンド２９に把持された加工前ワークを工作機械１０のチャックに取り付けた後、機外に退出する動作を行わせる。この後、自動運転制御部４７は、工作機械１０に加工開始指令を送信して、工作機械１０に加工動作を行わせる。尚、ロボット２５に前記取付姿勢を取らせた後に、自動運転制御部４７から工作機械１０にチャック閉指令を送信することで、当該チャックが閉じられ、当該チャックによって加工前ワークが把持される。

【００６６】

そして、以上を繰り返すことにより、本例の生産システム１では、無人自動生産が連続して実行される。

【００６７】
斯くして、本例の生産システム１では、ロボット２５が実際に作業する工作機械１０の加工領域内に配設されたカメラ１６を用いるとともに、ロボット２５に、当該ロボット２５に配設された識別図形を前記カメラ１６によって撮像する撮像姿勢を取らせることにより得られた識別図形の画像を用いて、ロボット２５の作業姿勢を補正するようにしているので、当該作業姿勢を正確に補正することができ、これにより、ロボット２５は、高い動作精度が求められる作業でも、当該作業を精度良く実行することができる。
【００６８】
また、このように、ロボット２５が精度の良い作業を実行することで、当該生産システム１は不要な中断を招くことなく高い稼働率で稼働し、結果、当該生産システム１によれば、信頼性が高く、生産効率の高い無人化を図ることが可能となる。
【００６９】
（第２の実施形態）
次に、本発明の第２の実施形態について説明する。この第２の実施形態に係る生産システム１’は、図７に示すように、第１の実施形態における制御装置４０から、前記基準画像記憶部４５及び補正量算出部５０を削除し、これらと同じ機能を有する基準画像記憶部１７及び補正量算出部１８を、例えば、前記工作機械１０の数値制御装置に設けた構成を備えている。尚、図７において、第１の実施形態における構成と同じ構成については、同じ符号を付して、以下では、その詳しい説明を省略する。
【００７０】
この第２の実施形態に係る生産システム１’では、第１の実施形態と同様にして、前記手動運転制御部４６による制御の下で、オペレータが前記操作盤３７により前記ティーチング操作を行って、ロボット２５に撮像姿勢を取らせた後、工作機械１０に撮像指令を送信することで、前記ロボット２５のハンド２９に装着された識別体３０の識別図形が前記カメラ１６によって撮像され、撮像された画像が基準画像として前記基準画像記憶部１７に格納される。
【００７１】
また、前記動作プログラム記憶部４１に格納される自動運転用プログラムには、ロボット２５が撮像姿勢にあるときに、工作機械１０に操作信号（撮像信号）を送信する指令コードであって、前記カメラ１６により画像を撮像し、前記補正量算出部１８によって算出された補正データを制御装置４０’に送信することを指令する指令コードが含まれる。
【００７２】
そして、前記補正量算出部１８は、自動運転制御部４７による制御の下で、前記動作プログラム記憶部４１に格納された自動運転用プログラムに従って前記ロボット２５が自動運転される際に、当該自動運転制御部４７から工作機械１０に画像の撮像及び補正データの送信に関する指令が送信され、前記カメラ１６によって識別図形の画像が撮像されると、撮像された識別図形の画像と、前記基準画像記憶部４５に格納された基準画像とを基に、ティーチング時におけるロボット２５の撮像姿勢と、自動運転時におけるロボット２５の撮像姿勢との間の誤差量を推定し、推定された誤差量に基づいて、ロボット２５のワーク取出動作姿勢及びワーク取付動作姿勢のいずれかに対応する補正量を算出し、算出された補正量に係るデータ（補正データ）を前記自動運転制御部４７に送信する処理を行う。
【００７３】
斯くして、前記自動運転制御部４７は、前記補正量算出部１８から送信された補正データに従って、ロボット２５の対応する動作姿勢、即ち、ワーク取出動作姿勢及びワーク取付動作姿勢の何れか動作姿勢を補正する。
【００７４】
この第２の態様の生産システム１’においても、上述した第１の態様の生産システム１と同様の作用、効果が奏される。
【００７５】
以上、本発明の第１及び第２の実施形態について説明したが、本発明が採り得る具体的

な態様は、この第１及び第２の実施形態に限定されるものではない。

【００７６】

例えば、上述した第１及び第２の実施形態では、識別図形が描画されたシートを識別体３０に貼着するようにしたが、これに限られるものではなく、識別図形を識別体３０に直接描画するようにしても良い。或いは、前記識別体３０をディスプレイから構成して、このディスプレイに識別図形を表示するようにしても良い。

【００７７】

また、上記の各実施形態では、前記識別図形として、複数の画素が二次元に配列されたマトリクス構造を備えたものを採用したが、これに限られるものではなく、撮像画像からロボット２５の姿勢の補正量を算出することができるものであれば、様々な図形を採用することができる。また、識別図形は、平面図形に限られるものではなく、立体図形であっても良い。

【００７８】

また、上記の実施形態では、カメラ１６を、２つ撮像部を有するステレオカメラから構成したがこれに限られるものではなく、撮像画像からロボット２５の姿勢の補正量を算出することができれば、単体の撮像部を有するものでも良い。

【００７９】

また、前記カメラ１６は、工具主軸１２に着脱可能に設けられるホルダ１３に装着され、このホルダ１３に保持された状態で工具主軸１２に装着される態様としても良い。このようにすれば、前記識別図形を撮像するときにのみ、当該カメラ１６を工具主軸１２に装着し、工作機械１０が加工を実行している間は、当該カメラ１６を加工領域外に配置することができるので、カメラ１６が切屑等によって汚損されるのを防止することができる。この結果、上記補正を精度良く行うことができる。

【００８０】

また、上例では、マップ生成用プログラムに従って無人搬送車３５を走行させることにより、前記マップ情報を生成するようにしたが、このような態様に限られるものではなく、例えば、前記操作盤３７を用いた手動操作や、適宜ラジオコントローラ（無線操縦装置）を用いた手動操作により無人搬送車３５を走行させることによって、前記マップ情報を生成するようにしても良い。

【００８１】

繰り返しになるが、上述した実施形態の説明は、すべての点で例示であって、制限的なものではない。当業者にとって変形および変更が適宜可能である。本発明の範囲は、上述の実施形態ではなく、特許請求の範囲によって示される。さらに、本発明の範囲には、特許請求の範囲内と均等の範囲内での実施形態からの変更が含まれる。

【符号の説明】

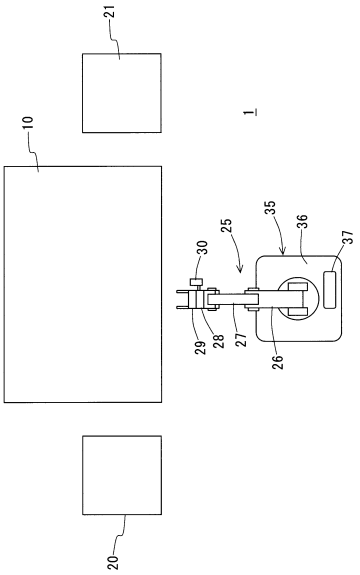
【００８２】

１　生産システム
１０　工作機械
１１　刃物台
１２　工具主軸
１３　ホルダ
１４　タレット
１５　チャック
１６　カメラ
２０　材料ストッカ
２１　製品ストッカ
２５　ロボット
２９　ハンド
３０　識別体
３５　無人搬送車

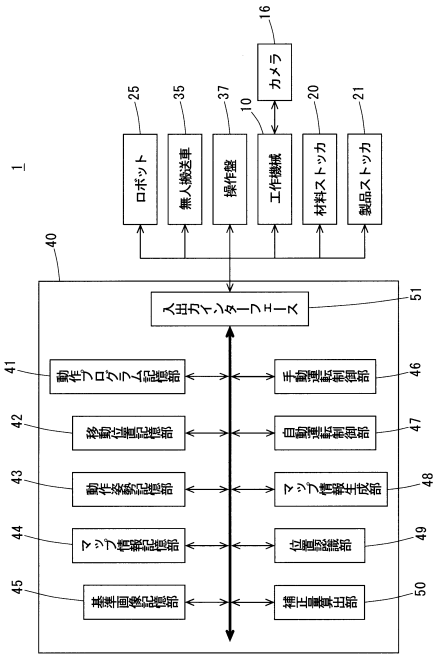
３７　操作盤
４０　制御装置
４１　動作プログラム記憶部
４２　移動位置記憶部
４３　動作姿勢記憶部
４４　マップ情報記憶部
４５　基準画像記憶部
４６　手動運転制御部
４７　自動運転制御部
４８　マップ情報生成部
４９　位置認識部
５０　補正量算出部
５１　入出力インターフェース

【要約】
【課題】無人搬送車に搭載されたロボットを備える生産システムにおいて、工作機械に対するロボットの姿勢を高精度に補正できる生産システムを提供する。
【解決手段】工作機械１０、ロボット２５、ロボット２５を搭載した無人搬送車３５及び制御装置４０を備える。工作機械１０の加工領域内にはカメラ１６が配設され、ロボット２５に識別図形が設けられる。制御装置４０は、ティーチング操作時に、ロボット２５を撮像姿勢にした状態で、カメラ１６により撮像された識別図形の画像を工作機械１０から受信して基準画像として記憶し、繰り返し動作時に、ロボット２５を撮像姿勢にした状態で、カメラ１６により撮像され、工作機械１０から送信された識別図形の画像、及び基準画像に基づいて、ロボット２５の現在の姿勢とティーチング操作時の姿勢との誤差量を推定し、推定された誤差量に基づいて、ロボット２５の作業姿勢を補正する。
【選択図】図２

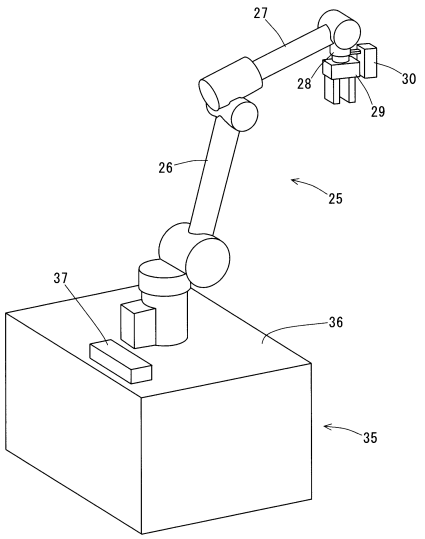
【図１】


21
1
10
35
36
25
30
37
29
28
27
26
20

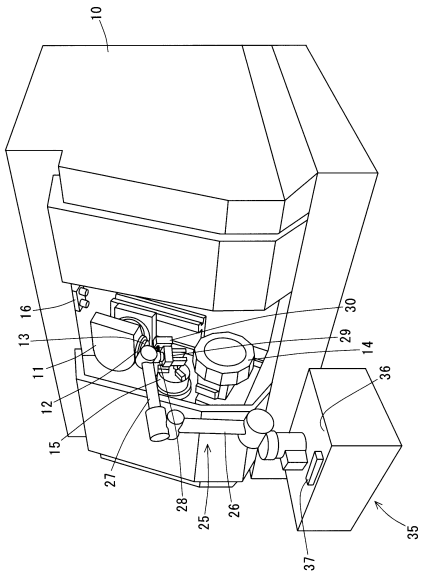
【図２】


16
カメラ
25
35
37
10
20
21
ロボット
無人搬送車
操作盤
工作機械
材料ストッカ
製品ストッカ
1
40
入出力インターフェース
51
41
動作プログラム記憶部
手動運転制御部
46
42
移動位置記憶部
自動運転制御部
47
43
動作姿勢記憶部
マップ情報生成部
48
44
マップ情報記憶部
位置認識部
49
45
基準画像記憶部
補正量算出部
50

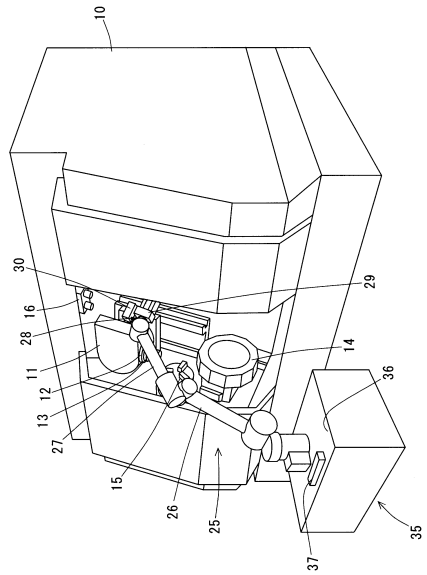
【図３】


27
28
30
29
26
25
37
36
35

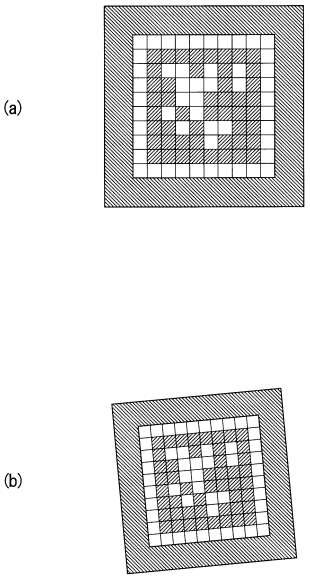
【図４】


10
16
13
11
12
15
30
29
14
36
27
28
25
26
37
35

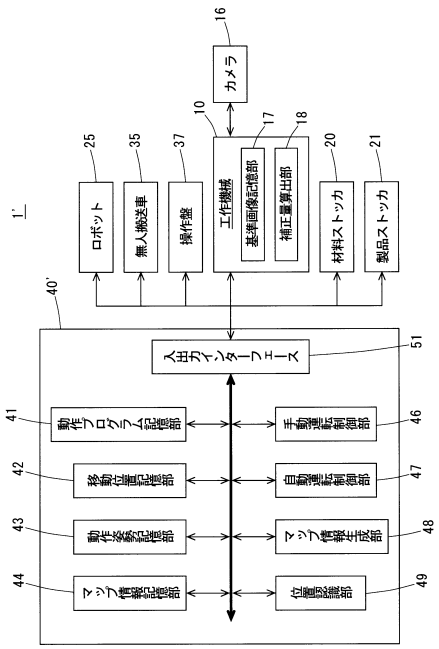
【図５】


10
30
29
16
28
14
11
36
12
13
27
15
26
25
35
37

【図６】


(a)
(b)

【図７】


1'
16
カメラ
10
17
18
25
35
37
20
21
ロボット
無人搬送車
操作盤
工作機械
基準画像記憶部
補正量算出部
材料ストッカ
製品ストッカ
40'
入出力インターフェース
51
41
動作プログラム記憶部
手動運転制御部
46
42
移動位置記憶部
自動運転制御部
47
43
動作姿勢記憶部
マシン情報生成部
48
44
マシン情報記憶部
位置同識部
49

フロントページの続き

(72)発明者　藤嶋　誠
奈良県大和郡山市北郡山町１０６番地　ＤＭＧ森精機株式会社内

審査官　貞光　大樹

(56)参考文献　特開平４－４８３０４（ＪＰ，Ａ）
特開２０１８－５８１４２（ＪＰ，Ａ）
特開昭６３－１６３９０７（ＪＰ，Ａ）
特開平５－８１８６（ＪＰ，Ａ）
特開２０１５－６２９９１（ＪＰ，Ａ）
特開平１１－５８２７３（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－１１１４６（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｂ２５Ｊ　　５／００　－　２１／０２