

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2015-530276

(P2015-530276A)

(43) 公表日 平成27年10月15日(2015.10.15)

(51) Int.Cl.

B25J 9/10 (2006.01)

F 1

B 25 J 9/10

テーマコード(参考)

A 3C707

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 38 頁)

(21) 出願番号	特願2015-535833 (P2015-535833)
(86) (22) 出願日	平成25年10月4日 (2013.10.4)
(85) 翻訳文提出日	平成27年5月11日 (2015.5.11)
(86) 國際出願番号	PCT/US2013/063523
(87) 國際公開番号	W02014/055909
(87) 國際公開日	平成26年4月10日 (2014.4.10)
(31) 優先権主張番号	61/710,612
(32) 優先日	平成24年10月5日 (2012.10.5)
(33) 優先権主張国	米国(US)
(31) 優先権主張番号	61/745,252
(32) 優先日	平成24年12月21日 (2012.12.21)
(33) 優先権主張国	米国(US)
(31) 優先権主張番号	61/772,971
(32) 優先日	平成25年3月5日 (2013.3.5)
(33) 優先権主張国	米国(US)

(71) 出願人	510005889 ベックマン コールター, インコーポレ イテッド アメリカ合衆国 カリフォルニア 928 21, ブレア, エス. クレーマー ブー ルバード 250
(74) 代理人	100078282 弁理士 山本 秀策
(74) 代理人	100113413 弁理士 森下 夏樹
(72) 発明者	ルッケル, ステファン ドイツ 85748 ミュンヘン, ガ ルビング ベイ, レーレンスコクシュト ラーセ 20

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】カメラベースの自動アライメントのシステム及び方法

(57) 【要約】

カメラベースの自動アライメント処理は、ロボットアームのグリッパユニットにより第1の校正ツールを持続することを含み得る。第1の校正ツールの画像は、グリッパユニットに連結されたカメラによって撮影することができる。グリッパユニット及びカメラユニットは、2つのおよそ平行な軸上にアライメントすることができる。画像を分析して、グリッパ軸を用いてカメラの視野軸を校正することができ、ロボットアームのXY校正が提供される。グリッパユニットは、第2の校正ツール上に設けられた目印による光学的な校正を使用して、かつ/又はグリッパユニットを、作業面に向けて、作業面に接触し停止するまで移動させることにより、Z軸上で校正することができる。一旦校正されると、カメラを使用して、作業面上の既知の場所における1つ以上の目印を識別し、ロボットアームを作業面にアライメントすることができる。

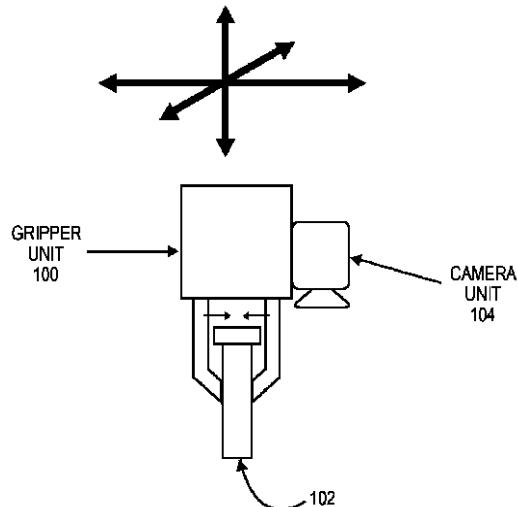


FIG. 1

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

自動アライメントの方法であって、

第1の軸上の、作業面の上方の第1の高さにおいて、ロボットアームのグリッパユニットにより、X-Y校正ツールを把持することと、

第2の軸上のカメラにより、前記第1の高さにおける前記X-Y校正ツールの画像を取得することであって、前記カメラは、前記グリッパユニットに連結されている、ことと、

前記第1の高さにおける前記第1の校正ツールの画像を分析して、前記第2の軸と前記第1の軸との間のオフセットを決定することと

を含む、方法。

【請求項 2】

前記X-Y校正ツールを、前記カメラの視野を通して回転させることを更に含み、前記X-Y校正ツールは、複数の目印を含む略平坦部分を含み、

前記X-Y校正ツールの画像を分析することは、

それぞれが前記画像内の前記目印の1つに対応する、複数の橜円形の経路を識別することと、

前記第1の軸に対応する前記複数の橜円形の経路の中心点を決定することと、

前記複数の橜円形の経路の前記中心点に基づいて、前記第1の軸と前記第2の軸との間のオフセットを決定することと

を含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

前記カメラが目印の上方にセンタリングされるように前記ロボットアームを位置付け、画素に前記目印の第1の位置を記録することと、

前記ロボットアームを、X方向及びY方向に所定のステップ数だけ移動させ、画素に前記目印の第2の位置を記録することと、

前記第1の位置と前記第2の位置との間の差、及び前記所定のステップ数に基づいて、ステップ対画素の変換率を決定することと

を更に含む、請求項2に記載の方法。

【請求項 4】

第2の高さにおいて前記X-Y校正ツールを把持することと、

前記カメラにより前記第2の高さにおける前記X-Y校正ツールの画像を取得することと、

前記第2の高さにおける前記X-Y校正ツールの画像を分析して、前記第2の軸と前記第1の軸との間の第2のオフセットを決定することと、

第3の高さにおいて前記X-Y校正ツールを把持することと、

前記カメラにより前記第3の高さにおける前記X-Y校正ツールの画像を取得することと、

前記第3の高さにおける前記X-Y校正ツールの画像を分析して、前記第2の軸と前記第1の軸との間の第3のオフセットを決定することと、

前記3つのオフセット及び前記3つの高さを使用して線形オフセット関数を決定することと

を更に含む、請求項2に記載の方法。

【請求項 5】

前記X-Y校正ツール上の少なくとも1つの目印は、周期的繰り返しパターンであり、前記X-Y校正ツールの画像を分析して、前記第2の軸と前記第1の軸との間のオフセットを決定することは、

前記画像を分析し、前記周期的繰り返しパターンを使用して、少なくとも1つの歪み補正パラメータを決定することであって、前記少なくとも1つの歪み補正パラメータは、前記画像内のレンズ関連の歪みを補正するために使用することができる、ことと、

前記少なくとも1つの歪み補正パラメータを前記画像へ適用して、歪み補正された画像

10

20

30

40

50

を生成することと

を更に含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

作業面上の 1 つ以上の要素上の 1 つ以上の目印を識別して、前記ロボットアームを前記作業面に対してアライメントすることを更に含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

前記グリッパユニットが前記作業面に直交する Z 軸に沿って移動するときに前記カメラが一定の高さに維持されるように、前記カメラは、前記グリッパユニットに連結される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

自動アライメントの方法であって、

ロボットアームのグリッパユニットを、Z 校正ツールの上方の所定の高さに位置付けることであって、前記 Z 校正ツールは、複数のレベル上に複数の目印を含む、ことと、

前記 Z 校正ツール上の第 1 の目印の上方で、Z 軸に沿って前記グリッパユニットを校正することと

を含み、

校正することは、

前記グリッパユニットを、前記 Z 校正ツール上の前記第 1 の目印に向けて、前記 Z 軸に沿って、前記グリッパユニットが前記 Z 校正ツールと接触するまで移動させることと、

前記所定の高さから前記 Z 校正ツールと接触するまで前記グリッパユニットによって走行した第 1 のステップ数を決定することと

を含む、方法。

【請求項 9】

第 1 の目印の上方で、Z 軸に沿って前記グリッパユニットを校正することは、三角測量を使用して、前記 Z 校正ツール上の前記第 1 の目印の上方での、前記グリッパユニットの画素での第 1 の高さを決定することを更に含む、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

前記 Z 校正ツール上の少なくとも 2 つの追加の目印の上方で、前記 Z 軸に沿って前記グリッパユニットを校正することと、

前記目印のそれぞれに対する校正結果に基づいて、画素での高さをステップでの高さに変換する距離関数を決定することと

を更に含む、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 11】

前記 Z 校正ツール上の少なくとも 1 つの目印は、周期的繰り返しパターンであり、Z 校正ツールを使用して Z 軸上で前記グリッパを校正することは、

前記 Z 校正ツールの画像を分析し、前記周期的繰り返しパターンを使用して、少なくとも 1 つの歪み補正パラメータを決定することであって、前記少なくとも 1 つの歪み補正パラメータは、前記画像内のレンズ関連の歪みを補正するために使用されることができる、ことと、

前記少なくとも 1 つの歪み補正パラメータを前記画像へ適用し、歪み補正された画像を生成することと

を更に含む、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 12】

自動アライメントの方法であって、

第 1 の軸上のグリッパユニットにより校正ツールを把持することと、

第 2 の軸上のカメラにより前記校正ツールの画像を取得することであって、前記カメラは、前記グリッパに接続されている、ことと、

前記画像を分析して、少なくとも 1 つの歪み補正パラメータを決定することであって、前記少なくとも 1 つの歪み補正パラメータは、前記画像内のレンズ関連の歪みを補正するために使用されることがある、ことと、

10

20

30

40

50

前記少なくとも1つの歪み補正パラメータを前記画像へ適用して歪み補正された画像を生成することと
を含む、方法。

【請求項13】

前記歪み補正された画像を分析し、前記歪み補正された画像内に示されるX-Y校正ツール上の1つ以上の目印を使用して、前記第2の軸と前記第1の軸との間のオフセットを決定することを更に含む、請求項12に記載の方法。

【請求項14】

Z校正ツール上に設けられた1つ以上の目印を使用して、前記歪み補正された画像を使用して、Z軸上で前記グリッパを校正することを更に含み、前記Z軸上で前記グリッパを校正することは、前記Z校正ツール上に設けられた目印を三角測量することを含む、請求項13に記載の方法。

【請求項15】

Z軸上で前記グリッパを校正することは、前記グリッパを、前記Z軸に沿って前記Z校正ツールに向けて、前記グリッパが前記Z校正ツールと接触するまで移動させることにより、前記グリッパを物理的に校正することを更に含む、請求項14に記載の方法。

【請求項16】

組立体であって、
グリッパユニットを含むロボットアームであって、前記ロボットアームが作業面の上方を3次元的に移動するように構成されている、ロボットアームと、
カメラであって、前記グリッパユニットが前記作業面に対して略直交するZ軸に沿って移動するときに前記カメラが一定の高さに維持されるように、前記グリッパユニットに連結されている、カメラと
を含む、組立体。

【請求項17】

前記ロボットアーム及び前記カメラに連結された1つ以上のコントローラを含む自動アライメントシステムを更に含み、前記自動アライメントシステムは、前記ロボットアームに、X-Y校正ツールを把持して前記X-Y校正ツールを前記カメラの視界を通して回転させるよう指示するように構成され、前記自動アライメントシステムは、前記カメラに、前記X-Y校正ツールが回転されるとき、前記X-Y校正ツールの画像を撮影するよう指示するように構成され、前記自動アライメントシステムは、前記X-Y校正ツールの画像を分析し、前記グリッパユニットに対応する第1の軸と前記カメラに対応する第2の軸との間のオフセットを決定するよう更に構成されている、請求項16に記載の組立体。

【請求項18】

前記自動アライメントシステムは、
それぞれが前記画像内の前記目印の1つに対応する、複数の橙円形の経路を識別することと、

前記第1の軸に対応する前記複数の橙円形の経路の中心点を決定することと、
前記複数の橙円形の経路の前記中心点に基づいて、前記第1の軸と前記第2の軸との間のオフセットを決定することと

を行うように更に構成されている、請求項17に記載の組立体。

【請求項19】

前記自動アライメントシステムは、
前記ロボットアームに、第2の高さにおいて前記X-Y校正ツールを把持するように指示することと、

前記カメラに、前記第2の高さにおける前記X-Y校正ツールの画像を取得するように指示することと、

前記第2の高さにおける前記X-Y校正ツールの画像を分析して、前記第2の軸と前記第1の軸との間の第2のオフセットを決定することと、

前記ロボットアームに、第3の高さにおいて前記X-Y校正ツールを把持するように指

10

20

30

40

50

示することと、

前記カメラにより前記第3の高さにおける前記X-Y校正ツールの画像を取得することと、

前記カメラに、前記第3の高さにおける前記X-Y校正ツールの画像を取得するように指示し、前記第2の軸と前記第1の軸との間の第3のオフセットを決定することと、

前記3つのオフセット及び3つの高さを使用して線形オフセット関数を決定することとを行いうように更に構成されている、請求項18に記載の組立体。

【請求項20】

前記自動アライメントシステムは、

前記カメラが目印の上方にセンタリングされるように前記ロボットアームを位置付け、10
画素に前記目印の第1の位置を記録することと、

前記ロボットアームをX方向及びY方向に所定のステップ数だけ移動させ、画素に前記目印の第2の位置を記録することと、

前記第1の位置と前記第2の位置との間の差、及び前記所定のステップ数に基づいて、
ステップ対画素の変換率を決定することと

を行いうように更に構成されている、請求項17に記載の組立体。

【請求項21】

前記自動アライメントシステムは、

前記カメラに、周期的繰り返しパターンを含む目印の画像を撮影するように指示することと、20

前記周期的繰り返しパターンを含む前記目印の画像を分析し、前記周期的繰り返しパターンを使用して、少なくとも1つの歪み補正パラメータを決定することであって、前記少なくとも1つの歪み補正パラメータは、前記画像内のレンズ関連の歪みを補正するために使用されることができる、ことと、

前記少なくとも1つの歪み補正パラメータを前記X-Y校正ツールの画像へ適用して歪み補正された画像を生成することと

を行いうように更に構成されている、請求項17に記載の組立体。

【請求項22】

前記自動アライメントシステムは、

Z校正ツールの上方の所定の高さに前記ロボットアームの前記グリッパユニットを位置付けることであって、前記Z校正ツールは、複数のレベル上に複数の目印を含む、ことと、30

前記Z校正ツール上の第1の目印の上方で、Z軸に沿って前記グリッパユニットを校正することと

を行いうように更に構成されており、

校正することは、

三角測量を使用して、前記Z校正ツール上の前記第1の目印の上方での、前記グリッパユニットの画素での第1の高さを決定することと、

前記グリッパユニットを、前記Z軸に沿って、前記Z校正ツール上の前記第1の目印に向けて、前記グリッパユニットが前記Z校正ツールと接触するまで移動させることと、40

前記所定の高さから前記Z校正ツールと接触するまで前記グリッパユニットによって走行した第1のステップ数を決定することと

を含む、請求項17に記載の組立体。

【請求項23】

前記自動アライメントシステムは、

前記Z校正ツール上の少なくとも2つの追加の目印の上方で、前記Z軸に沿って前記グリッパユニットを校正することと、

前記目印のそれぞれに対する校正結果に基づいて、画素での高さをステップでの高さに変換する距離関数を決定することと

を行いうように更に構成されている、請求項22に記載の組立体。50

【発明の詳細な説明】**【背景技術】****【0001】**

(関連出願の相互参照)

本出願は、Stefan Ruecklにより、「SYSTEM AND METHOD FOR AUTO-ALIGNMENT」と題して、2012年10月5日に出願された、米国特許仮出願第61/710,612号、Stefan Rueckl, et al.により、「SYSTEM AND METHOD FOR AUTO-ALIGNMENT」と題して、2012年12月21日に出願された、米国特許仮出願第61/745,252号、及びStefan Rueckl, et al.により、「SYSTEM AND METHOD FOR AUTO-ALIGNMENT」と題して、2013年3月5日に出願された、米国特許仮出願第61/772,971号に対して優先権を主張し、それぞれの出願は、全ての目的のためにその全体が参考によって本明細書に組み込まれる。本出願は、Stefan Ottosにより、「SYSTEM AND METHOD FOR LASER-BASED AUTO ALIGNMENT」と題して、2013年10月4日に出願された、米国特許出願第_____号(出願未割当)に関し、全ての目的のためにその全体が参考によって本明細書に組み込まれる。

10

【0002】

(背景技術)

ラボラトリーオートメーション・システム(LAS)が顧客先において据付けられるとき、サービス技術者が、フレーム、ロボットアーム用のXYガントリ、及び作業面上の引き出しなどの、そのシステムの各要素をアライメントして、ロボットアームがサンプル管を正確に把持して、ある位置から他の位置へ運べるようにする。通常、作業スペースへのロボットアームのアライメントは、手動で行われる。手作業によるアライメントは、時間とコストのかかるプロセスであり、特に、それぞれ個別のアライメントが必要なロボットアームを複数備えている場合のある、複雑なLASにおいては、そうである。加えて、手作業によるアライメントでは、それぞれのアライメントにおいて、人為エラーが入り込む可能性がある。自動アライメントプロセスにより、より少ないサービス技術者によって、より多くのLASをより短時間で据付け及びアライメントでき、人為エラーに起因する不正確なアライメントのリスクも低減される。

20

30

【0003】

典型的なLASでは、各ロボットアームは、作業面の上方にあるガントリに固定され、この作業面は、例えば、様々な位置又は作業面上の器具へと移動可能なラックに入った試験管などを含み得る。例えば、分配ラックから遠心分離機アダプタへ試験管を移動させることなどである。様々な問題を避けるために、把持動作は正確である必要がある。例えば、ロボットアームが、管を把持することができない場合、又は選択された管をうまく把持できたとしても、ミスアライメントにより、管を破壊してしまう場合などである。従来の手動アライメントは、手動又は外部駆動モータを使用することのいずれかによって、グリッパアームを作業面上の複数の異なる位置へ手動で位置付けることなど、様々な工程を含むことがある。更に、ロボットアームは、作業面上のラック又は引出し用に個別にアライメントされる必要がある。この手順は、サービス技術者による手動アライメントの場合、ロボットアーム毎に数時間から1日かかることがある。

40

【0004】

本発明の実施形態は、これら及び他の問題に対処するものである。

【発明の概要】**【課題を解決するための手段】****【0005】**

本明細書は、一実施形態によれば、ラボラトリーオートメーション・システム(LAS)内において、グリッパユニットを備えるロボットアームを校正し、かつ/又はアライメントする、自動アライメントプロセス、及び関連する技術的構成を開示する。

50

【0006】

カメラベースのアライメントシステムでは、XYZロボットのグリッパユニットの位置にカメラを取り付けることにより、ロボットアームにグリッパ位置の下方の作業面の画像を取得させることができる。カメラとロボットアームのアライメントは、カメラが据付けられるとき、据付け中にカメラの光軸をロボットアームの軸にアライメントすることにより、実行することができる。しかしながら、カメラを正確に据付けし、かつ確実にカメラの位置が変化しないようにすることは、複数のロボットアームを伴う複雑なシステムでは、非常に高いコストがかかる場合がある。したがって、カメラを利用する自動アライメント手順により、カメラをロボットアームに正確に取り付けることに関わる製造コストを低減することができると共に、カメラ位置のずれ、又は別の理由でミスアライメントとなる場合があるカメラ・ロボットアームシステムを再アライメントする迅速な方法を提供することができる。

10

【0007】

一実施形態によれば、カメラベースの自動アライメント処理は、ロボットアームのグリッパユニットにより第1の校正ツールを持続することを含み得る。第1の校正ツールの画像は、グリッパユニットに連結されたカメラによって撮影することができる。グリッパユニット及びカメラユニットは、2つのおよそ平行な軸上にアライメントすることができる。画像を分析して、グリッパ軸を用いてカメラの視野軸を校正することができ、ロボットアームのXY校正が提供される。グリッパユニットは、第2の校正ツール上に設けられた目印による光学的な校正を使用して、かつ/又はグリッパユニットを、作業面に向けて、作業面に接触し停止するまで移動させることにより、Z軸上で校正することができる。一旦校正されると、カメラを使用して、作業面上の既知の場所における1つ以上の目印を識別し、ロボットアームを作業面にアライメントすることができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本発明の一実施形態に従う、XYZロボットのためのカメラ・グリッパ構成を示す図である。

【図2】本発明の一実施形態に従う、カメラベースの自動アライメントで使用するための複数の目印のデザインを示す図である。

30

【図3】本発明の一実施形態に従う、X-Y校正ツールを示す図である。

【図4】本発明の一実施形態に従う、Z校正ツールを示す図である。

【図5】本発明の一実施形態に従う、ラボラトリー・オートメーション・システム(LAS)の一例を示す図である。

【図6】本発明の一実施形態に従う、Z軸ハウジングに取り付けられたカメラユニット及びグリッパユニットを示す図である。

【図7】本発明の一実施形態に従う、XYZロボットを校正する方法を示す図である。

【図8】一般的な放射方向の歪みの例を示す図である。

【図9】本発明の一実施形態に従う、X-Y校正の方法を示す図である。

40

【図10】本発明の一実施形態に従う、校正中のX-Y校正ツールの経路の射影を示す図である。

【図11】本発明の一実施形態に従う、校正中に画像撮影デバイスの撮像特性(imaging property)により生成された橙円を示す図である。

【図12】本発明の一実施形態に従う、画像撮影デバイスの高さを決定するための目印の三角測量を示す図である。

【図13】本発明の一実施形態に従う、Z校正の方法を示す図である。

【図14】本発明の一実施形態に従う、カメラベースの自動アライメントシステムの精度を決定するためのシステムを示す図である。

【図15】本発明の一実施形態に従う、自動アライメントシステムのブロック図である。

【図16】本発明の一実施形態に従う、コンピュータ装置のブロック図である。

【発明を実施するための形態】

50

【 0 0 0 9 】

以下の説明では、説明の目的のため、本発明の様々な実施形態の完全な理解を提供するために多くの特定の詳細が記載される。しかしながら、当業者であれば、これらの具体的な詳細の一部がなくても、本発明の実施形態を実施し得ることが明らかであろう。他の例では、公知の構造及びデバイスが、ブロック図形式で示される。

【 0 0 1 0 】

以下の説明は、例示的な実施形態のみを提供するものであり、本開示の範囲、適用性、又は構成を限定しようとするものではない。むしろ、以下の例示的な実施形態の説明は、当業者に、例示的な実施形態を実施するための有効な説明を提供するだろう。添付の「特許請求の範囲」に記載された本発明の趣旨及び範囲から逸脱することなく、要素の機能及び構成において、様々な変更が可能であることが理解されるべきである。

10

【 0 0 1 1 】

実施形態の完全な理解を提供するために、具体的な詳細が、以下の説明で与えられる。しかしながら、これらの具体的な詳細がなくても実施形態を実施できることができ、当業者には理解されるであろう。例えば、回路、システム、ネットワーク、処理、及び他の構成要素は、不必要的詳細で実施形態を不明瞭にしないように、ブロック図形式の構成要素として示され得る。他の例では、公知の回路、処理、アルゴリズム、構造、及び技法は、実施形態を不明瞭にすることを避けるために、不必要的詳細なしで示され得る。

【 0 0 1 2 】

図1は、一実施形態に従う、XYZロボットのためのカメラ - グリッパの構成を示す。
一実施形態に従って、光学測定ツールとしてカメラを使用する自動アライメントの方法が開示される。ロボットアームは、ラボラトリー・オートメーション・システム(LAS)において作業面上の物体を、把持し、掴み上げ、移動させるように動作可能なグリッパユニット100を含み得る。カメラ、又は他の画像撮影デバイスは、カメラによって撮影される画像及び/又はビデオを使用して、LAS内の要素を識別し、ロボットアームをLASにアライメントすることができるよう、グリッパユニットに連結することができる。幾つかの実施形態では、グリッパユニットがZ軸に沿って移動することができる一方、カメラが一定の高さに維持されるように、カメラは、グリッパユニットに連結される。ロボットアームのアライメント中、カメラ及びグリッパユニットは、1つ以上の校正ツールで校正されてもよい。校正処理は、(画素で表される)カメラ座標系と(ステップ又はエンコーダカウントで表される)ロボット座標系との間の関係を確立するために使用される。校正は、補正されなければミスアライメントにつながりかねない歪みをもたらす場合がある、カメラにおける光学的不完全性を考慮することもできる。カメラが校正されると、カメラを使用して、作業面上の既知の位置に配置される目印を識別することができる。これにより、ロボットアームがLASにアライメントされる。

20

【 0 0 1 3 】

一実施形態に従って、グリッパユニット100は、LAS内の要素102を持続することができる。これらの要素としては、試験管、校正ツール、及び他の物体を挙げることができる。要素102は、第1の軸上のグリッパユニットを使用して把持される。カメラユニット104とグリッパユニット100との間のオフセットにより、画像は、第2の軸上のカメラユニット104により取得され得る。典型的なカメラ及び組立体は、大き過ぎてグリッパ組立体又は把持可能なツールへ一体化することができない。そのため、カメラユニットは、グリッパユニットと隣接して連結される場合があり、第1の軸と第2の軸との間の機械的オフセットをもたらす。通常動作中、カメラはグリッパユニットと干渉しないので、カメラはグリッパユニットに対して固定されたままであり得、必要に応じ、自動アライメントが更に実行されることが可能になる。画像を分析して、第2の軸と第1の軸との間のオフセットを決定し、カメラ座標系をロボット座標系に対して校正することができる。オフセットは、第1の軸と第2の軸との間の任意の角度のミスアライメントを考慮することができる。モータステップと画素との間の変換率は、カメラを目印の上方に位置付け、ロボットアームをX及びY方向に所定のステップ数だけ移動させることにより決定す

30

40

50

ことができる。変換率は、目印の見かけ上の位置の変化に基づいて決定することができる。オフセット及び変換率を使用して、X-Y平面においてグリッパを校正することができる。グリッパは、その後、第2の校正ツールを使用して、Z軸上で校正することができる。必要に応じ、作業面上の1つ以上の要素（例えば、入力領域）上の1つ以上の目印を識別することによって、グリッパの校正の精度を確認することができる。一旦校正が完了すると、カメラユニットを使用して、作業面上の既知の場所における1つ以上の目印を識別し、ロボットアームをLASに対してアライメントすることができる。

【0014】

一実施形態に従って、Z軸上でグリッパを校正することは、第2の校正ツール上に設けられた目印を使用してグリッパを光学的に校正すること（例えば、カメラから固定された目印までの距離を三角測量することによるもの）を含み得る。更に、又は代替として、グリッパが第2の校正ツールと接触するまで、Z軸に沿って、第2の校正ツールに向けて、グリッパを移動させることにより、グリッパをZ軸上で物理的に校正することができる。

10

【0015】

上記のように、ロボットアームのLASに対する校正及びアライメント処理において、視覚的な目印を使用することができる。例えば、校正ツールは、カメラユニットが認識できる目印を含むこともでき、また、作業面上の目印を使用して、ロボットアームをLASに対してアライメントすることもできる。目印は、作業面上の既知の場所に位置付けられた、コントラストのついた幾何学的形状を含み得る。目印は、校正ツール上に位置付けることができ、カメラ及びグリッパユニットを校正するために使用することができる。

20

【0016】

図2は、種々の目印のデザイン200の例を示す。幾つかの実施形態では、目印は、粘着性の紙又はビニルなど、作業面へ貼付できる基材上に印刷することができる。幾つかの実施形態では、目印は、機械的、化学的、又は別の方法で作業面にエッチングし、塗料又は、エポキシなどのコントラストをつけるための充填剤で充填することができる。あるいは、このコントラストは、陽極酸化された、又はそうでなければコーティングされた構成部品をエッチングすることによって達成される場合もある。これにより、作業面上でそれか、又は移動しない恒久的な目印が提供される。

【0017】

理想的には、作製し易く、容易に識別可能な中心点を有し、かつ誤識別リスクが低い目印を選択することができる。例えば、十字又は矩形などの線状の目印は、円形の目印よりも、確実に識別することが難しい場合がある。更に、作業面上の傷は、円形の目印よりも容易に線状の目印と誤られる場合がある。複数の同心円を含む目印は、識別が容易であり、線状の目印よりも誤識別されにくく、かつ全ての識別された円の中心点の代数平均により中心点を決定することができる。本明細書において、円形の目印が、典型的に使用されるが、図2に示されるものを含むがこれに限定されない、あらゆるコントラストのついた形状が、本発明の実施形態で使用され得る。カメラユニットが作業面の画像を撮影するとき、パターン認識処理を使用して画像を処理し、目印が画像内に存在するかどうかを決定することができる。パターン認識処理により、目印が存在するかどうかを決定することができ、存在する場合、目印の中心点を識別することができる。中心点は、カメラ座標系内の位置として、画素で表すことができる。

30

【0018】

図3は、本発明の一実施形態に従う、X-Y校正ツールを示す。X-Y校正ツールを使用して、X-Y平面内でグリッパユニットを校正することができる。本明細書で使用されるとき、X-Y平面は、作業面に平行な平面を指すことができる。上記のように、カメラは、ロボットアームのグリッパユニットに連結することができ、カメラ軸とグリッパユニット軸との間のオフセットをもたらす。このオフセットは、ロボットアーム及びカメラに組み込まれた機械的公差、並びに据付けハードウェア及び他の要因の変動の結果として、据付けのたびに変わることがある。そのため、このオフセットは、据付け前には不明で、ロボットアームのLASへのアライメント及び校正中に判定され得る。

40

50

【0019】

図3に示されるように、X-Y校正ツール300は、把持可能部302及び略水平部304を含み得る。把持可能部302がグリッパユニットに把持されるとき、略水平部304は、カメラに対して可視であり得る。略水平部は、複数の目印306を含み、この複数の目印306は、カメラにより検出することができ、カメラ軸とロボットグリッパの軸との間のオフセットを測定するために使用することができる。幾つかの実施形態では、校正是、X-Y校正ツール上の少なくとも2つのマーカが検出できる場所で実行することができる。図3に示されるX-Y校正ツールは、5つの目印306を有するが、より多く又はより少ない目印が使用されてもよい。目印は、ツールに沿う既知の距離を設けて配置され、それぞれの目印の中心から把持可能部302の中心までの距離は既知である。X-Y校正ツールの寸法は、ロボットアームが配備されるLASに基づいて選択することができる。把持可能部302の直径は、ロボットが定期的に掴み上げると考えられる物体の直径に基づいて選ぶことができる。例えば、定期的に試験管を把持するロボットについては、試験管のおよその直径を、円筒部の直径として選択する。水平部304の長さは、グリッパ軸とカメラ軸との間のオフセットよりも大きくなるように選択することができ、校正中、水平部304がカメラに対して可視であることが確保される。一実施形態に従う、X-Y校正処理のフローは、以下で詳細に説明される。

10

【0020】

図4は、本発明の一実施形態に従う、Z校正ツール400を示す。Z校正ツールを使用して、Z軸に沿ってグリッパユニットを校正することができる。本明細書で使用されるとき、Z軸は、作業面に直交する軸を指す。Z校正ツールは、既知の高さにおける複数のレベル402を含み得る。それぞれのレベルは、カメラにより識別することができる目印404を含み得る。幾つかの実施形態では、バーコードなどのラベルを使用して、Z校正ツール400上の目印に固有の識別番号を割当てることができる。Z校正ツールは、据付け中にサービス技術者により予め定義された位置において作業面に取り付けられるか、又は作業面に恒久的に一体化するかのいずれでもよい。一実施形態に従って、Z校正は、X-Y校正後に実行することができる。

20

【0021】

一実施形態に従って、ロボットアームは、圧力センサを含むことができ、一旦抵抗を検知すると、停止するように構成することができる。これは、通常、安全機能として使用され、ロボットアームが、ロボットアーム自身、作業面、又は作業面上の物体を損傷させることを防ぐ。圧力センサを自動停止器として使用して、ロボットアームを、Z校正ツール上の第1の目印の上方に位置付け、グリッパユニットが第1の目印と接触するまで下降させることができる。接触すると、圧力センサがロボットアームを停止する。アームが停止すると、Z軸上でのモータの位置を記録することができる。一実施形態に従って、それぞれの軸に沿ってロボットアームを駆動するために使用されるモータは、ブラシ付きDCモータ又はステッピングモータとすることができる。Z軸上のモータの位置は、エンコーダカウント又はステップで記録することができる。この処理は、Z校正ツール上のそれぞれの目印について繰り返すことができる。一旦それぞれの位置が記録されると、それぞれのレベル間の距離は、エンコーダカウント又はステップで決定することができる。以下で更に説明するように、三角測量を使用してZ校正ツールのそれぞれのレベルの高さ（例えば、画素あたりのステップ数での高さ）を決定することができる。一実施形態に従う、Z軸校正処理のフローは、以下で更に説明される。

30

【0022】

幾つかの実施形態では、X-Y校正ツール及びZ校正ツールの機能を組み合わせた单一の校正ツールを使用することができる。例えば、組み合わせた校正ツールは、上記のようなX-Y校正ツールと類似することがあり、それぞれの目印が異なるレベルに在るように改変されている。

40

【0023】

図5は、本発明の一実施形態に従う、ラボラトリー・オートメーション・システム（L

50

A S) の一例を示す。図 5 に示されるように、L A S 5 0 0 は、Z 軸 5 0 4 が取り付けられている X - Y ガントリ 5 0 2 を有するフレームを含み得る。グリッパユニット 5 0 6 を含むロボットアーム及びカメラユニット 5 0 8 は、それぞれ Z 軸 5 0 4 に連結することができる。上記のように、X - Y ガントリは、X - Y 平面において作業面 5 1 0 の上方でロボットアーム及びグリッパユニットを移動させるように動作可能であり、Z 軸は、ロボットアーム及びグリッパユニットを作業面 5 1 0 に対して上下に移動させるように動作可能である。一実施形態に従って、それぞれの軸は、1 つ以上の電気モータを使用して、軌道に沿って移動させることができる。幾つかの実施形態では、モータは、ブラシ付き DC モータ、又は既知のモータ分解能（ミリメートルあたりのステップ数）を有するステッピングモータであってよい。マイクロコントローラ、プロセッサ、又は他のコントローラなどの1 つ以上のコントローラを使用して、それぞれの軸に関連するモータを制御し、作業面上方の3 次元空間においてロボットアームを位置付けることができる。ロボットアームを作業面にアライメントするために、作業面は、1 つ以上の目印 5 1 2 を既知の位置に含むことができる。カメラユニットは、校正することができ、それによって、画素でのカメラ座標系をエンコーダカウント又はステップでのロボット座標系に変換することが可能となる。更に、校正処理は、カメラ軸とグリッパユニット軸との間の小さな角度のミスアライメント、並びにレンズ歪みなどのカメラ内の光学的欠陥を補正することができる。更に、ロボットアームは、1 つ以上の目印 5 1 2 を使用して、作業面に自動的にアライメントさせることができ、ロボットアームに、作業面上の物体の掴み上げ及び再位置付けなど、精度が重要な機能を実行させることができる。幾つかの実施形態では、他のタイプのロボットを利用することができ、例えば、水平多関節ロボットアーム（S C A R A ）が使用されてもよい。

【 0 0 2 4 】

図 6 は、本発明の一実施形態に従う、Z 軸ハウジングに取り付けられたカメラユニット及びグリッパユニットを示す。図 6 に示されるように、Z 軸ハウジング 6 0 0 は、グリッパユニット 6 0 2 及びカメラユニット 6 0 4 の装着箇所として機能し得る。これにより、カメラの光軸 6 0 8 とグリッパの機械的軸 6 1 0 との間のオフセット 6 0 6 がもたらされる。理想的には、据付け中、カメラの光軸 6 0 8 とグリッパの機械的軸 6 1 0 との間の略平行なアライメントを維持するような努力がなされる。しかしながら、慎重かつ正確な軸のアライメントには、製造コスト、部品コスト、及び据付けコストの増加など、コストがかかる場合がある。システムのアライメントがずれる場合は、これらのコストがいっそう膨らみ得、コストのかかる再アライメント手順を行うことになる。更に、複雑な L A S は、多数のロボットアームを含む場合があり、更にコストが膨らむ可能性がある。

【 0 0 2 5 】

一実施形態に従って、自動アライメント処理は、L A S においてロボットアームを正しく据付ける、効果的で繰り返し可能な方法を提供し、かつ、使用中に、いずれかのロボットアームのアライメントがずれた場合にも、迅速なメンテナンス手順を提供する。図 7 は、本発明の一実施形態に従う、カメラベースの自動アライメントの方法を示す。7 0 0 において、X - Y 校正ツールを、第 1 の軸上のグリッパユニットにより把持することができる。X - Y 校正ツールは、作業面上の既知の場所において掴み上げることができ、又は技術者が、グリッパユニットが X - Y 校正ツールを把持するように手動で指示することができる。7 0 2 において、グリッパユニットに連結された第 2 の軸上のカメラによって X - Y 校正ツールの画像を撮影することができる。撮影された画像に基づいて、カメラ軸とグリッパ軸との間のオフセットに対応する距離を決定することができる。このオフセットは機械的公差の影響を受けるので、プログラミングを介して予め定義することはできない。この処理中、距離は、更なるセンサ又は測定ツールを使用することなく決定することができる。7 0 4 において、カメラと Z 軸との間で Z 校正を実行し、モータユニット内の目印の高さの正確な測定を可能にすることができます。幾つかの実施形態では、X - Y 校正中又は Z 校正中に、レンズ歪みを算出し、補正することもできる。幾つかの実施形態では、レンズ歪みは、アライメント処理中、別個の工程として補正することができる。一旦上記の

10

20

30

40

50

アライメント工程がうまく実行されると、システムは、使用的準備が整う。幾つかの実施形態では、カメラユニットを校正し、レンズ歪みを補正した後、カメラユニットを使用して、LASの作業面上の1つ以上の目印を識別し、LAS内でロボットアームをアライメントすることができる。

【0026】

複雑なLASは、それぞれが独自のカメラを有する多数のロボットアームを含み得る。したがって、所与のLASの固定コストを削減するために、安価なカメラを利用する場合がある。しかしながら、安価なカメラは、通常、高価なカメラよりも大きなレンズ歪みの影響に悩まされる。これらの歪みは、アライメント処理中に考慮し、補正することができる。

10

【0027】

図8は、一般的な放射方向の歪みの例を示す。レンズの幾何学的特性により、画像が記録されるときに、特定の歪みが生成される場合がある。歪みには、2つの基本的なタイプがある。1つは放射方向の歪みであり、ピンクッシュョン800又はバレル歪み802としても知られる。これは、レンズが球面形状であるということ、及び、レンズの中央を通過しチップに当たる光は、殆ど全く屈折しない一方で、レンズの縁部を通過する光は、より大きな屈曲及び屈折効果を受けるという事実により引き起こされる。第2の種類の歪みは、レンズとカメラチップとの間の角度により生成される接線方向の歪みである。

【0028】

放射方向の歪みは、比較的高品質なレンズ又はカメラを使用するときに、より重要なファクタになる傾向がある。放射方向の歪みは、多項式級数として表すことができる。

20

【0029】

【数1】

$$\hat{x} = x * (1 + \alpha_1 r^2 + \alpha_2 r^4 + \dots) \quad (11)$$

$$\hat{y} = y * (1 + \alpha_1 r^2 + \alpha_2 r^4 + \dots)$$

ここで

【0030】

【数2】

(x, y)

30

は、(x, y)に対応する歪み補正点、 $\alpha_1, \alpha_2, \dots$ は、放射方向の歪みを表す係数、rは、この場合は点(0, 0)に対応する、画像の中心点からの点(x, y)のユークリッド距離である。

【0031】

校正処理は、係数を決定するために実行することができる。校正の目的のために、 α_1 が、十分に放射方向の歪みを表し、高次の効果は無視してもよいと仮定する。歪みを表すために使用される別のモデルは、フィツツギボン分割モデル(Fitzgibbon division model)である。

40

【0032】

【数3】

$$\hat{x} = \frac{x}{1 + \alpha_1 r^2} \quad (12)$$

$$\hat{y} = \frac{y}{1 + \alpha_1 r^2}$$

【0033】

小さな α_1 を扱う場合、このモデルは、1つのファクタに対する多項式級数の結果とほとんど同一である。フィツツギボンの分割モデルで使用される方程式(12)を書き直す

50

と、以下の方程式が形成される。

【0 0 3 4】

【数4】

$$s * \mathbf{x} = s * \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} + \alpha_1 * \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ r^2 \end{pmatrix} \quad (13)$$

【0 0 3 5】

この場合、sは、基準化因子を表し、

【0 0 3 6】

【数5】

$\hat{\mathbf{x}}$

は、歪み補正点(x, y)に対応する。

【0 0 3 7】

点xが、線

【0 0 3 8】

【数6】

$$\mathbf{l} = (l_1 \ l_2 \ l_3)^T$$

10

20

上に在るという仮定を使用して、線が、放射方向の歪みの結果として円上のセグメント上に形成され得ることを示すことができる。

【0 0 3 9】

【数7】

$$\mathbf{l}^T \mathbf{p} = 0, \quad (14)$$

又は

$$l_1 x + l_2 y + l_3 (1 + \alpha_1 * r^2) = 0$$

【0 0 4 0】

30

この方程式が、その後、円の方程式

【0 0 4 1】

【数8】

$$(x - x_m)^2 + (y - y_m)^2 = R^2 \quad (15)$$

の形式に適用される場合、次のようになる。

【0 0 4 2】

【数9】

$$\left(x + \frac{l_1}{2 * \alpha_1 * l_3} \right)^2 + \left(y + \frac{l_2}{2 * \alpha_1 * l_3} \right)^2 = \left(\frac{l_1}{2 * \alpha_1 * l_3} \right)^2 + \left(\frac{l_2}{2 * \alpha_1 * l_3} \right)^2 - \frac{1}{\alpha_1} \quad (16)$$

40

【0 0 4 3】

したがって、 x_m , y_m , R について以下が成り立つ。

【0 0 4 4】

【数10】

$$x_m = -\frac{l_1}{2 * \alpha_1 * l_3}, \quad y_m = -\frac{l_2}{2 * \alpha_1 * l_3}, \quad R^2 = x_m^2 + y_m^2 - \frac{1}{\alpha_1} \quad (17)$$

50

【0045】

この特性を使用して、係数 α_1 を決定することができる。一実施形態に従って、検出された目印は、画像の縁部までずらされ、その後、ロボットの軸の1つを移動させることにより、その縁部に沿って移動される。目印の中心点位置は、この処理中に記録することができる。ロボットの軸の1つのみが移動されたため、測定された中心点の全てが、それらを互いに連結する線に沿って存在する。しかしながら、これは上記の歪みに起因するケースではない。次に、円関数が測定された中心点にフィッティングされる。その後、方程式(7)をこの関数に適用し、歪みパラメータ α_1 を以下のように決定することができる。

【0046】

【数11】

10

$$\alpha_1 = \frac{1}{x_m^2 + y_m^2 + R^2} \quad (18)$$

ここで (x_m, y_m) は、円の中心点、Rは、半径である。

【0047】

この処理は、その後、画像の4つのコーナー全てで繰り返すことができ、それによって、この方法で測定された係数を決定することができる。

【0048】

次に、計算効率のよい画像変換を確保するために、変換マスクを決定することができる。その際、画像の次元を使用して行列が生成される。行列のそれぞれの要素

20

【0049】

【数12】

(i,j)

は、原画像からの画素に対応し、その画素の補正された位置

【0050】

【数13】

(i,j)

30

を含有する。このマスクは、その後、画像が記録されるとすぐに、画像内のそれぞれの画素を補正するために使用される。オープンソースライブラリのOpenCVなどの画像処理ライブラリは、この目的のために実装された方法を含み、画像がカメラにより撮影されたときに、画像を補正するために使用することができる。

【0051】

幾つかの実施形態では、チェス又はチェッカーボードパターンなどの周期的繰り返しパターン目印を、レンズ歪みを考慮し、補正するために使用することができる。一実施形態に従って、周期的繰り返しパターン目印は、ロボットにより把持し得るツールに印刷又は装着することができる。一実施形態に従って、このツールは、図3に示されるX-Y校正ツールと同様であってもよいが、円形目印よりもむしろ、チェッカーボードなどの、1つ以上の周期的繰り返しパターン目印を特徴とする。これにより、ロボットは、カメラの視野を通して周期的繰り返しパターンを回転させることができとなり、一方また、周期的繰り返しパターンを、カメラに対してより近くに、又はカメラからより離れて移動させることができる。

40

【0052】

一実施形態に従って、周期的繰り返しパターン目印は、図4に示されるZ校正ツールなどの階段状ツールに印刷又は装着することもできる。この場合、ロボットは（それ故カメラも）パターンから独立に移動し、また、ロボットは、カメラの視野内の複数の異なる位置においてパターンが可視であるように、移動させることができる。

【0053】

一実施形態に従って、カメラを通して見られるような、周期的繰り返しパターン目印の

50

特徴（例えば、チェスボードパターンの縁部、単一のフィールド及びフィールドの数）を決定することができる。目印の幾何学的特性は、システムに既知なので、これらの特徴の座標は、フィッティングアルゴリズムを使用して、これらの特徴の既知の／期待される位置と比較することができる。このようなフィッティングアルゴリズムは、OpenCV、Camera Calibration Toolbox for Matlab（登録商標）、DLR CalLab and CalDe-The DLR Camera Calibration Toolbox、及び他の同様のソフトウェアライブラリから入手可能である。フィッティングアルゴリズムを使用して、その後、コンピュータ視覚システムの内因性及び外因性パラメータを推定することができる。内因性及び外因性パラメータを使用して、使用中のカメラ・レンズの組合せのための歪み係数を決定することができる。1つ以上の周期的繰り返しパターン目印を異なる場所に有する複数の画像を使用することにより、アルゴリズムにより決定された歪み係数の精度が向上する。

10

【0054】

図9は、本発明の一実施形態に従う、X-Y校正の方法を示す。幾つかの実施形態では、レンズ歪みが補正された後、X-Y校正ツールを使用して、カメラ軸とグリッパユニット軸との間のオフセットを決定し、カメラを校正することができる。上記のX-Y校正ツールは、カメラ軸とグリッパ軸との間のX距離及びY距離を決定するために、ロボットの動作領域内に持ち込むことができる。一旦X-Y校正処理が開始されると、ユーザ（例えば、サービス技術者）は、ツールの上方にロボットを位置付けるように指示することができる。ロボットは、その後、把持高さへ移動させることができ、また、ユーザは、ロボットの位置を調整する機会を、もう一回分有し得る。900において、ロボットアームのグリッパユニットにより、X-Y校正ツールを把持することができ、ロボットの現在のX-Y位置を記録することができる。次に、ロボットは、作業面の空いている領域へ移動し、ツールを、校正処理のための指定の又は所定の高さまで下降させることができる。902において、グリッパユニットは、ツール上の少なくとも2つの目印が、カメラユニットにより撮影された画像内でうまく検出されるまで、X-Y校正ツールを、おおまかに漸増させながら回転させることができる。次に、ツールを、最も遠い目印が検出できなくなるまで、わずかに漸増させながら回転させる。ツールは、その後、カメラの全視野を通して一度回転され、ツール上の目印の位置が、等間隔で記録される。X-Y校正ツールが、カメラの視野を通して回転するとき、カメラは、プログラムされた間隔で複数の画像を撮影し、校正ツールの弧、及びツール上にエッティングされた複数の目印を撮影することができる。904において、記録された目印の位置に基づいて、第1の軸に対応する回転の中心点を決定することができる。回転中は、目印は全て、把持ロボットの軸を中心とする円形経路に沿って移動するので、第1の軸と第2の軸との間のオフセットを決定するために、円形経路の中心点を決定することができる。906において、画素での距離は、第1の軸から第2の軸に対するオフセットを使用して決定することができる。しかしながら、機械的公差により、カメラ軸及びグリッパユニット軸は、互いに平行にアライメントされない場合がある。そのため、校正ツールの円形経路を記録するというよりもむしろ、観察される校正ツールの経路は、橿円である。

20

30

【0055】

図10は、本発明の一実施形態に従う、校正中のX-Y校正ツールの経路の射影を示す。上記のように、レンズ効果並びにグリッパ軸に対するカメラ軸の傾き及びオフセットの組合せにより、目印の円形経路は、橿円などの円錐曲線として記録される。図10に示されるように、1000は、世界座標系における円を示し、1002は、カメラの光軸を示し、1004は、橿円の形の、カメラシステムにおける射影された円を示す。

40

【0056】

以下に、この射影を数学的な形式で示す。

【0057】

カメラの撮像特性に関し、以下の内因性画像行列Kを仮定することができる。

【0058】

50

【数14】

$$K = \begin{bmatrix} f & 0 & u_0 \\ 0 & f & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (19)$$

ここで f は、焦点距離、点 $P = (u_0, v_0)$ は、画像の中心点を表す。点 $X = [X, Y, Z]$ は、その後、以下のように、点

【0059】

【数15】

$\tilde{x} = [u, v, w]$

10

にマッピングされる。

【0060】

【数16】

$\lambda \tilde{x} = K[R \ T] X,$

ここで $R = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{21} & R_{31} \\ R_{12} & R_{22} & R_{32} \\ R_{13} & R_{23} & R_{33} \end{bmatrix}, T = \begin{bmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{bmatrix}$ 20 (20)

ここで K は、上記の内因性カメラ特性の行列、 $[R \ T]$ は、外因性カメラ行列であり、ここで R は、回転を表し、 T は、世界座標系に対するカメラ座標系の変換を表し、 λ は、0でない基準化因子である。

【0061】

円の中心点が、 $[X_c, Y_c, 0]$ と仮定される場合、円内のそれぞれの点 X は、以下の方程式を満足しなければならない。

【0062】

【数17】

$X^T C X = 0 \quad (21)$

30

ここで C は、円を定義する行列である。

【0063】

【数18】

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -X_c \\ 0 & 1 & -Y_c \\ -X_c & -Y_c & X_c^2 + Y_c^2 - R^2 \end{bmatrix} \quad (22)$$

【0064】

そして、この円は、以下のように、橜円 E に描かれる。

【0065】

【数19】

40

$\lambda E = H^{-T} C H^{-1}$

ここで $H = K[R_1 \ R_2 \ T]$ (23)

ここで R_1 及び R_2 は、回転行列 R における最初の 2 列である。ここで、橜円は、以下のように表すことができ、

【0066】

【数20】

$$E = \begin{bmatrix} A & B/2 & D/2f \\ B/2 & C & E/2f \\ D/2f & E/2f & E/f^2 \end{bmatrix} \quad (24)$$

又は、以下のx及びyの関数として記述することができる。

【0067】

【数21】

$$0 = Ax^2 + Bxy + Cy^2 + Dx + Ey + F \quad (25)$$

10

【0068】

この式は、一般性を失うことなくA=1を仮定することができる場合の、円錐の一般的な表現である。

【0069】

【数22】

$$0 = x^2 + Bxy + Cy^2 + Dx + Ey + F \quad (26)$$

20

【0070】

以下の条件により、橜円であることが保証される（したがって放物線及び双曲線が除外される）。

【0071】

【数23】

$$B^2 - 4C < 0, \quad (27)$$

$$\frac{D^2}{4} + \frac{E^2}{4C} - F > 0$$

30

【0072】

一実施形態に従って、以前に測定された点を使用して、橜円を円の軌跡に沿って定置することができる。そのために、最小誤差二乗の方法を使用することができる。この作業は、ALGLIBなどの数値解析及びデータ処理ライブラリを使用して解決することができる。代替的な数値解析方法を用いることもできる。そのために、方程式(15)からの関数を、フィッティングアルゴリズムに移すことができる。更に、アルゴリズムには、反復を開始するために使用することができる初期値を入力できる。これらの値は、方程式(15)における5点の組合せを使用し、かつその後方程式系を解くことにより求められる。この処理は、算出された係数をその後平均するために、幾つかの可能な点の組合せを用いて繰り返される。これらの値は、フィッティングアルゴリズムのための初期値としてその後使用され、フィッティングアルゴリズムは、反復処理を使用して、最小誤差二乗について最適な解が求められる。

40

【0073】

図11は、本発明の一実施形態に従う、校正中に画像撮影デバイスの撮像特性により生成された橜円を示す。図10に関して上記のように決定された、それぞれの橜円1100の中心点1102は、直線1104に沿って分散している。ここで、射影された円の中心点は、これらの橜円の中心点を結ぶ線上に位置している。X及びY方向におけるオフセット距離を提供する、射影された円の中心点は、以下の方法を使用して決定することができ、この方法では、円の中心点を決定するために射影によって保持される半径の比率を使用する。

50

【0074】

射影前の 2 つの円の半径の比率 :

【 0 0 7 5 】

【 数 2 4 】

$$c_r = \frac{2R_2}{R_1 + R_2} \quad (28)$$

【 0 0 7 6 】

ここで、比率 c_r は、橋円と橋円の中心点を結ぶ線が交差する、交点 p_1, p_2, p_4
 1 1 0 6、1 1 0 8、1 1 1 2 により生成されるセグメントの比率に対応する。

【 0 0 7 7 】

【 数 2 5 】

$$c_r = \frac{d(p_1, p_c) d(p_2, p_4)}{d(p_1, p_4) d(p_2, p_c)}$$

ここで $d(p_i, p_j) = \sqrt{(p_{ix} - p_{jx})^2 + (p_{iy} - p_{jy})^2}$ (29)

【 0 0 7 8 】

そして、この方程式は、円の中心点

【 0 0 7 9 】

【 数 2 6 】

$p_c, p_c p_c$

1 1 1 0 から交点の 1 つまでの距離を使用して、解くことができる。

【 0 0 8 0 】

【 数 2 7 】

$$d(p_2, p_c) = \frac{d(p_2, p_1) d(p_2, p_4)}{c_r d(p_1, p_4) - d(p_2, p_4)} \quad (30)$$

【 0 0 8 1 】

c_y を算出するために使用される半径は、目印から回転中心までの距離、又は換言すれば、グリッパユニットに把持された X - Y 校正ツールの把持された部分の中心点までの距離に対応する。2 つの同心円を、この方法の適用に使用することができる。上記の校正ツールを使用するとき、5 つの円が検出されるので、校正ツール上のこれらの 5 つの目印に対応して、円のペアの異なる組合せが合計で 10 通り可能である。最後に、円のペアの 10 通りの組合せに基づいて、算出された中心点の数学的平均及び標準偏差が求められ、プログラムされた制限値と比較される。中心点がうまく決定されると、その後、カメラ軸とグリッパユニット軸との間のオフセットを画素で決定することができる。上記のように、上で使用される半径は、画素で測定された際の、目印とグリッパユニット軸との間の距離に相当する。グリッパユニットは、X - Y 校正ツールをカメラの視界の中でセンタリングすることができ、カメラは、画像の中心点を識別することができ、その後、中心点から中心点に最も近いマーカへの、X 及び Y 軸上で画素数を決定することができる。中心点から最も近いマーカまでの距離、及び最も近いマーカからグリッパユニット軸までの距離に基づいて、オフセットを画素で算出することができる。

【 0 0 8 2 】

幾つかの実施形態では、画素対モータステップの比率を決定して、円の中心点の座標を、画素でのカメラ座標系からステップでのモータ座標系に変換することができる。そのために、ロボットアームは、最初に保存されたツール記録位置へ移動し、ツールをその位置に戻すことができる。まず、目印はカメラ画像内でセンタリングされる。幾つかの実施形態では、この目印は、説明された例示的なツールの中央の目印などの、X - Y 校正ツール上の特定の目印とすることができます。しかしながら、いずれの目印が使用されてもよい。

10

20

30

40

50

ロボットは、その後、（ステップで）指定された距離だけX及びY方向に移動し、一方で同時に、カメラシステムは、目印の位置を記録する。これらの値は、その後、両軸の画素対ステップの比率を算出するために使用される。以前に決定された円の中心点を使用して、この比率は、その後、グリッパ軸からカメラ画像の中心点までの距離をモータステップで決定するために使用することができる。

【0083】

一実施形態に従って、上記の校正処理を、少なくとも1つの他の把持高さにおいて繰り返し、カメラの光軸から、高さZでのX及びY方向におけるグリッパロボットの機械的軸までの距離間の相関を表す、線形オフセット関数

【0084】

【数28】

$$d_x(z) = m_x z + b_x \text{ 又は } d_y(z) = m_y z + b_y$$

を決定することができる。この操作が3つ以上の異なる高さで実行される場合、その後、測定された点($d_{x, y, z}$)を使用して、線形関数でフィッティングする。この関数は、全体の作業空間の上方の、グリッパの機械的軸に対するカメラの光軸の傾きに相当する。

【0085】

別の実施形態では、歪み補正工程は、X-Y校正工程と組み合わせることができる。上記のように、X-Y校正ツールがカメラ視野を通して回転されるとき、一連の画像を、カメラにより撮影することができる。ツールは、図3に示される円形目印、又はチェックカードなどの周期的繰り返しパターン目印など、1つ以上の目印を含むことができる。一連の画像を使用して、上記のように、システムは、歪み補正パラメータを決定することができる。続いて、歪み補正を画像に適用することができる。X-Y校正は、その後、上記のように、歪み補正された一連の画像を使用して実行され得る。X-Y校正の係数は、円運動を決定するために、目印内の既知の点を、歪み補正された一連の画像にフィッティングすることにより決定することができる。これらの特定の点には、円形目印の中心点、又は周期的繰り返しパターン目印の縁部が含まれ得る。

【0086】

図12は、本発明の一実施形態に従う、グリッパユニットの高さを決定するための目印の三角測量を示す。上記及び図4に示されるZ校正ツールを、この処理に使用することができる。まず、ロボットアームは、Z校正ツール上方の位置へ移動し、第1の目印を探索することができる。一実施形態に従って、第1の目印は、カメラによって識別することができるバーコード又は他のラベルにより一意に識別することができる。ロボットは、その後、目印が画像の中央となるように自身を再位置付けする。一旦目印がうまくセンタリングされると、ロボットは、目印の左又は右へ所与の距離だけ移動し、位置を記録する。この例では、三角測量は、カメラ画像レベル1200における視差、又はマーカ位置11202からマーカ位置21204への目印の見かけ上の位置の変化に基づいて実行することができる。カメラは、マーカの左又は右へ既知の距離を移動する。距離は、モータの位置に基づいて、ステップで決定することができる。目印の見かけ上の位置の変化は、カメラにより画素で決定することができる。図12に示されるように、これらの測定に基づいて、三角測量を使用して画素あたりのステップ数での目印の高さを決定することができる。

【0087】

【数29】

$$z[\text{ステップ/画像}] = \frac{f}{\Delta x[\text{画像}]} * \Delta x[\text{ステップ}]$$

(31)

【0088】

この場合、fは、焦点距離に対応する。しかしながら、測定が行われる被写界深度範囲

10

20

30

40

50

に起因して、明確に決定することができないため、 f は 1 であると仮定してもよい。三角測量を使用して一旦目印の高さが決定されると、決定された高さは、 z 軸でのステップ数に変換することができる。そのために、ロボットアームを、上で決定された X - Y オフセットを使用して、目印の真上に位置付けることができる。次に、ロボットアームにおける圧力センサが、所定のレベルの抵抗を検出すると、移動が停止されるように、 z 軸の移動パラメータが調整される。ロボットは、その後、グリッパが目印に接触し、その点において圧力センサが抵抗を検出しロボットを停止させるまで、 z 軸に沿ってゆっくり下降する。ステップでのグリッパの現在位置が、その後記憶される。

【0089】

一実施形態に従って、この処理は、ツールの 3 つの工程の全てにおいて繰り返すことができる。最後に、これらの 3 つの測定点 (z [ステップ / 画素], z [ステップ]) を使用して、線形関数でフィッティングする。三角測量を使用して決定された画素での高さを用いることで、この関数を使用して、 z 軸に対するステップでの高さを決定することができるようになる。

10

【0090】

図 13 は、一実施形態に従う、 Z 校正の方法を示す。1300において、第 1 の目印は、 Z 校正ツール上で識別される。上述のように、 Z 校正ツールは、作業面上方の異なる高さに位置付けられた複数の目印を含むことができる。1302において、ロボットアームから第 1 の目印までの距離を測定し、記憶することができる。上記のように、三角測量を使用して画素あたりのステップ数での距離を決定することで、第 1 の目印までの距離を算出することができ、グリッパユニットの物理的接触（この場合、グリッパユニットは、目印と接触するまで下降され得る）を使用して、ステップでの高さを測定することができる。1304において、この測定は、 Z 校正ツール上の、それぞれの残りの目印について繰り返される。1306において、それぞれの測定値のペア（画素あたりのステップでの距離、及びステップでの距離）を使用して、線形距離関数でフィッティングする。この線形距離関数を使用して、その後、画素でのカメラ座標系とステップでのロボット座標系との間で変換を行うため、 Z 軸上でロボットアームが校正される。

20

【0091】

一実施形態に従って、歪み補正工程は、 Z 校正工程と組み合わせることもできる。上記のように、レンズ歪みを補正するために、1 つ以上の目印の一連の画像を、カメラにより撮影することができる。図 4 に示されるものなどの Z 校正ツールは、1 つ以上の周期的繰り返しパターン目印と共に使用することができる。目印は、カメラの視野内の複数の異なる位置に定置することができる。これらの画像を使用して、歪み補正係数を決定し、その後、一連の画像において歪みを補正するために使用することができる。

30

【0092】

歪み補正された画像を使用して、 Z 校正を、その後、実行することができる。周期的繰り返しパターン目印の形状は既知であるため、システムは、既知のパターンを用いて、画素と距離の関係を決定することができる。例えば、チェッカーボードパターン目印内の縁部間の距離は、メモリに記憶することができる。画像の歪みが補正されると、画像を分析して、目印内の縁部間の画素数を決定することができ、画素と距離の関係を決定することができる。ロボットアームは、上記のように、その後、目印と接触するように下降することができる。ロボットアームが、目印と接触するために走行した距離は、ロボット参照システム上の画素と距離の関係を、画素とステップの関係に変換するために記録し、使用することができる。一実施形態に従って、この処理を、 Z 校正ツールの更なる工程に対して繰り返すこともできる。

40

【0093】

図 14 は、一実施形態に従う、カメラベースの自動アライメントシステムの精度を決定するためのシステムを示す。図 14 に示されるように、アライメント処理が完了した後、プロープ 1400 をグリッパユニットにより把持し、作業面上の目印 1404 の上方に位置付けることができる。レーザー距離センサ 1406 を使用して、レーザー 1402 でプ

50

ロープを標的とすることによりプローブ先端までの距離を決定することができる。精度試験のために使用される目印は、目印の中心点から目印に隣接する壁までの距離が既知となるように選ぶことができる。レーザー距離センサからプローブ先端までの距離がその後測定される。測定された距離と後壁までの距離との間の差が、その後決定される。レーザー距離センサ 1406 は、その後、90 度向きを変え、処理を繰り返すことができる。2つの点 (X_1, Y_1) and (X_2, Y_2) における2つの測定結果及び既知のプローブ先端半径 R を使用して、その後、以下のように、プローブ先端の中心点を決定することができる。

【0094】

【数30】

$$a = \frac{2 * Y_2 - 2 * Y_1}{2 * X_2 - 2 * X_1} \quad (32)$$

$$b = \frac{(X_1^2 + Y_1^2 - R^2) - (X_2^2 + Y_2^2 - R^2)}{2 * X_2 - 2 * X_1} \quad (33)$$

$$c = \frac{-2 * a * (X_1 - b) - 2 * Y_1}{a^2 + 1} \quad (34)$$

$$d = \frac{(X_1 - b)^2 + Y_1^2 - R^2}{a^2 + 1} \quad (35)$$

$$X_{m1,m2} = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{\frac{p^2}{4} - q} \quad (36)$$

$$Y_{m1,m2} = a * X_{m1,m2} + b \quad (37)$$

【0095】

しかしながら、これらの2つの点及び半径は、最終的な解を与えない。式(26)及び(27)に見ることができるよう、円に対して、2つの可能な中心点 ($X_{m1, m2}, Y_{m1, m2}$) が存在する。しかしながら、可能な中心点の一方と測定された目印の中心点との間には、通常大きな差がある。一旦正確な中心点が識別されると、中心点の測定値を比較して、自動アライメントシステムの精度を決定することができる。

【0096】

図15は、本発明の一実施形態に従う、自動アライメントシステムのブロック図を示す。自動アライメントシステムは、軸モータ 1500a、1500b、及び 1500c などの、複数の軸モータ 1500 を含むことができる。軸モータ 1500 を使用して、作業面上方の3次元空間において、ロボットアーム及びグリッパユニットを位置付けることができる。カメラなどの画像撮影デバイス 1502 を、グリッパユニットに連結し、作業面にロボットアームを自動的にアライメントするために使用することができる。1つ以上のモータコントローラ 1504 及び画像撮影デバイスコントローラ 1506 は、自動アライメント処理中、中央コントローラ 1508 からの指示を中継することができる。幾つかの実施形態では、モータコントローラ 1504 は、エンコーダカウント又はステップなどの、それぞれの軸モータからの位置情報を記録することができ、画像撮影デバイスコントローラ 1506 は、画像撮影デバイスに、定期的に画像を撮影し、処理のために中央コントローラ 1508 へ撮影された画像を渡すように指示することができる。中央コントローラ 1508 は、プロセッサ 1510 からアライメント指示を受信し、モータコントローラ及び画像撮影デバイスコントローラから受信した、位置情報及び撮影された画像などの、アライメント結果を返すことができる。プロセッサ 1510 は、中央コントローラから返された情報を使用して、カメラ軸とグリッパユニット軸との間のオフセットを決定し、グリッパユニットの高さを三角測量し、アライメント処理が完了したかどうかを決定することができる。

10

20

30

40

50

できる。幾つかの実施形態では、画像プロセッサを使用して、プロセッサ 1510 とは別に画像処理操作を実行することができる。プロセッサ 1510 は、コンピュータコードを含み得る自動アライメントモジュール 1512a を含み得るメモリ 1512 に連結することができ、このコンピュータコードは、自動アライメントを実行するためにプロセッサ 1510 によって実行可能であり、軸モータに X-Y 平面に沿ってロボットアームを移動させる指示、及び画像撮影デバイスに作業面上の目印の画像を撮影させ、撮影された画像を分析させる指示を含む。メモリは、決定された目印の場所 1512b、及び、1 つ以上の目印の場所に対する、作業面上の要素（引き出し、器具など）の位置データなどのアライメントデータ 1512c 用の記憶装置を更に含むこともできる。

【0097】

プロセッサ 1510 は、データ処理用の任意の好適なデータプロセッサを含んでもよい。例えば、プロセッサは、システムの様々な構成要素を動作させるために個別に又は共に機能する 1 つ以上のマイクロプロセッサを含んでもよい。

【0098】

メモリ 1512 は、任意の好適な組合せにおいて、任意の好適なタイプのメモリデバイスを含んでもよい。メモリ 1512 は、任意の好適な電気的、磁気的、及び / 又は光学的データ記憶技術を使用して動作する、1 つ以上の揮発性又は不揮発性メモリデバイスを含んでもよい。

【0099】

図に関連して本明細書に記載する様々な関与物（participant）及び要素は、1 つ以上のコンピュータ装置を動作させ、本明細書に記載する機能を容易にすることができます。任意のサーバ、プロセッサ、又はデータベースを含む、上記説明における任意の要素は、例えば、機能ユニット及びラボラトリー・オートメーション・システム、軸コントローラ、センサコントローラなどのモジュールを動作させる、かつ / 又は制御するための機能など、本明細書で説明された機能を容易にするために、任意の好適な数のサブシステムを使用してもよい。

【0100】

このようなサブシステム又は構成要素の例を、図 16 に示す。図 16 に示されたサブシステムは、システムバス 4445 を介して相互接続される。プリンタ 4444、キーボード 4448、固定ディスク 4449（又はコンピュータ可読媒体を含む他のメモリ）、ディスプレイアダプタ 4482 に連結されたモニタ 4446、及びその他などの追加のサブシステムが示される。I/O コントローラ 4441（プロセッサ又は他の好適なコントローラであってよい）に連結する周辺機器及び入力 / 出力（I/O）デバイスは、シリアルポート 4484 などの当該技術分野において既知の、任意の数の手段によりコンピュータシステムに接続することができる。例えば、シリアルポート 4484 又は外部インタフェース 4481 を使用して、コンピュータ装置を、インターネットなどのワイド・エリア・ネットワーク、マウス入力デバイス、又はスキャナと接続することができる。システムバスを介した相互接続により、中央プロセッサ 4443 は、それぞれのサブシステムと通信し、システムメモリ 4442 又は固定ディスク 4449 からの指示の実行を制御することができるようになり、並びにサブシステム間の情報の交換も可能になる。システムメモリ 4442 及び / 又は固定ディスク 4449 は、コンピュータ可読媒体の具体例であり得る。

【0101】

本技術の実施形態は、上記の実施形態に限定されない。上記の態様の一部についての具体的な詳細が、上で提供された。特定の態様の具体的な詳細は、本技術の実施形態の趣旨及び範囲を逸脱することなく、任意の好適な方式で組み合わされてもよい。例えば、バックエンド処理、データ分析、データ収集、及び他の処理は、本技術の幾つかの実施形態において全て組み合わされてもよい。しかしながら、本技術の他の実施形態は、それぞれの個々の態様、又はこれらの個々の態様の特定の組合せに関する特定の実施形態に向けられてもよい。

【0102】

10

20

30

40

50

上記のように本技術は、モジュール様式又は統合された様式において（有形の物理媒体に記憶される）コンピュータソフトウェアを使用する制御論理の形式で実施することができる事が理解されるべきである。更に、本技術は、任意の画像処理の形式及び／又はその組合せにおいて実施されてもよい。本明細書で提供される開示及び教示に基づいて、当業者は、ハードウェア並びにハードウェア及びソフトウェアの組合せを使用して本技術を実施するための他の手段及び／又は方法を知り、理解するであろう。

【0103】

この出願において説明されたソフトウェアコンポーネント又は機能のいずれも、任意の適切なコンピュータ言語、例えば、Java（登録商標）、C++又はPerlなどを使用し、例えば、従来技術又はオブジェクト指向技術を使用して、プロセッサにより実行されるソフトウェアコードとして実施されてもよい。ソフトウェアコードは、ランダムアクセスメモリ（RAM）、読み出し専用メモリ（ROM）、ハードドライブ若しくはフロッピディスクなどの磁気媒体、又はCD-ROMなどの光学媒体などのコンピュータ可読媒体上に、一連の指示又はコマンドとして記憶されてもよい。任意のこのようなコンピュータ可読媒体は、単一の計算装置上又は装置内に存在してもよいし、システム又はネットワーク内の異なる計算装置上又は装置内に存在してもよい。

10

【0104】

上記の説明は、例示であり、限定的なものではない。本開示の検討により、当業者には、本技術の多くの変形例が明らかとなるであろう。したがって、本技術の範囲は、上記の説明に関わらず判断されるべきであり、むしろ、係属中の特許請求の範囲に対して、その範囲全体及び均等物と共に判断されるべきである。

20

【0105】

任意の実施形態からの1つ以上の特徴は、本技術の範囲から逸脱することなく、任意の他の実施形態の1つ以上の特徴と組み合わされてもよい。

【0106】

「a」、「an」又は「the」の記述は、特にそうでないことを断らない限り、「1つ以上」を意味することを意図する。

30

【0107】

全ての特許、特許出願、刊行物及び上記説明は、全ての目的のために、それらの全体が、参照により本明細書に組み込まれる。先行技術は認められない。

【図 2】

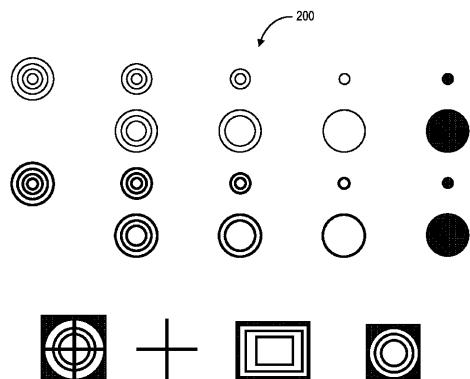


FIG. 2

【図 3】

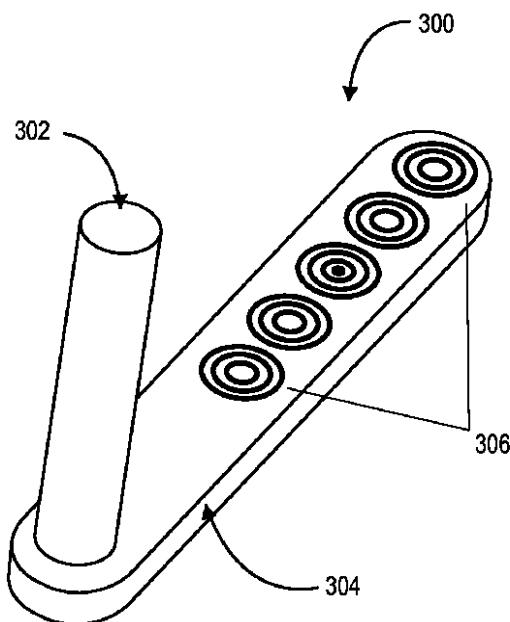


FIG. 3

【図 4】

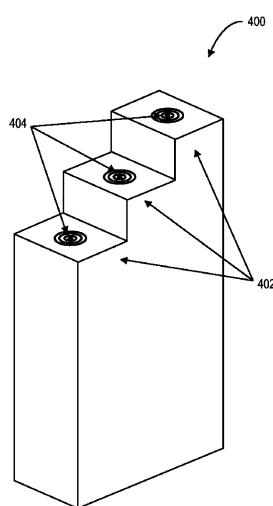


FIG. 4

【図 5】

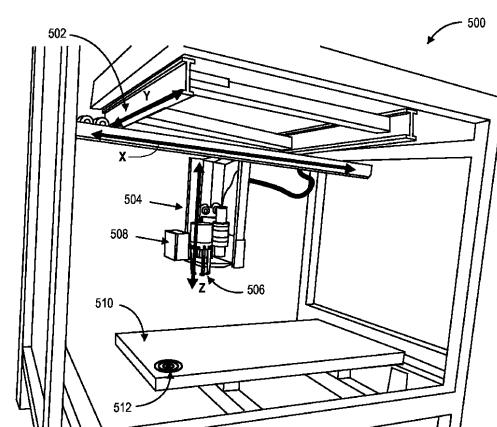


FIG. 5

【図 6】

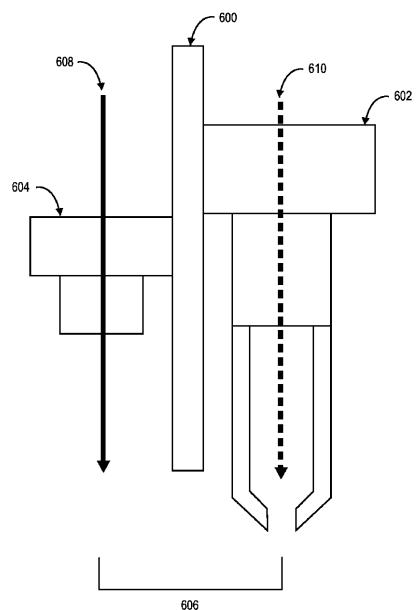


FIG. 6

【図 11】

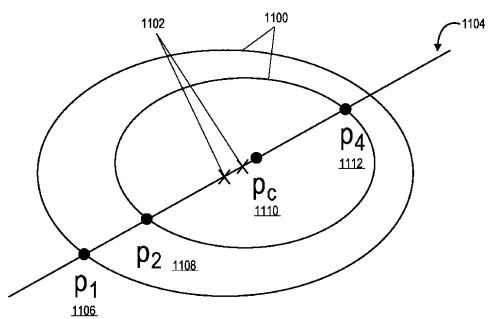


FIG. 11

【図 14】

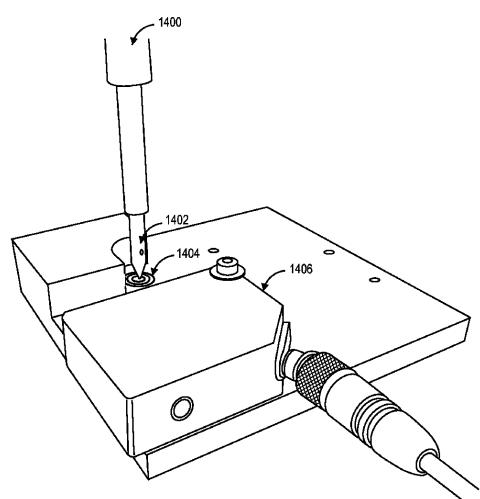
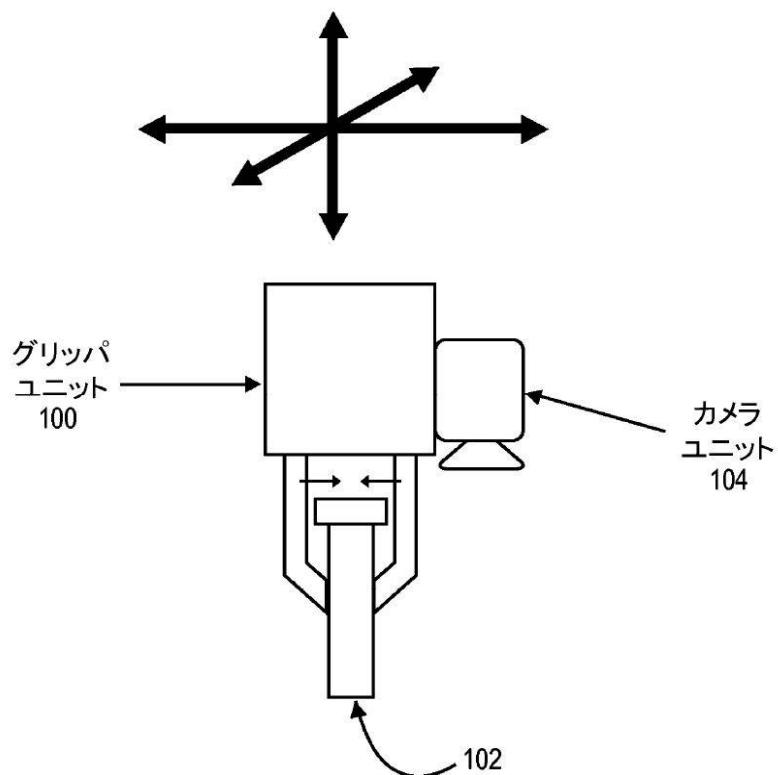
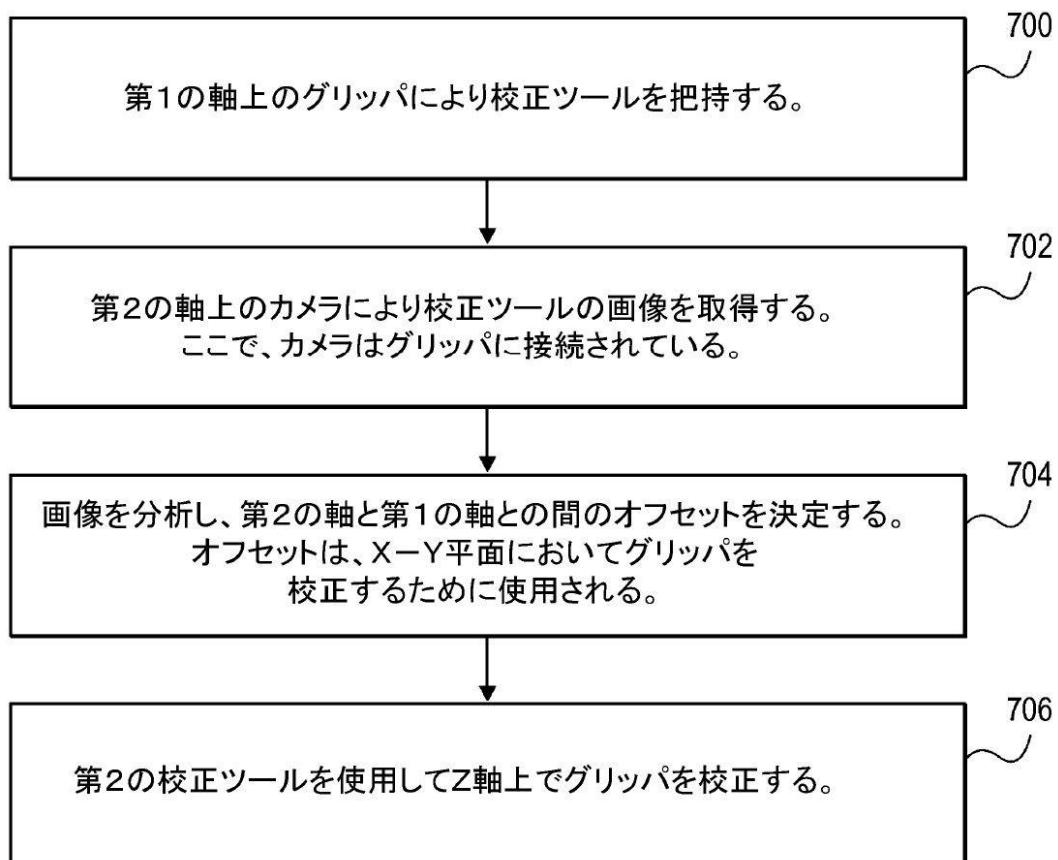


FIG. 14

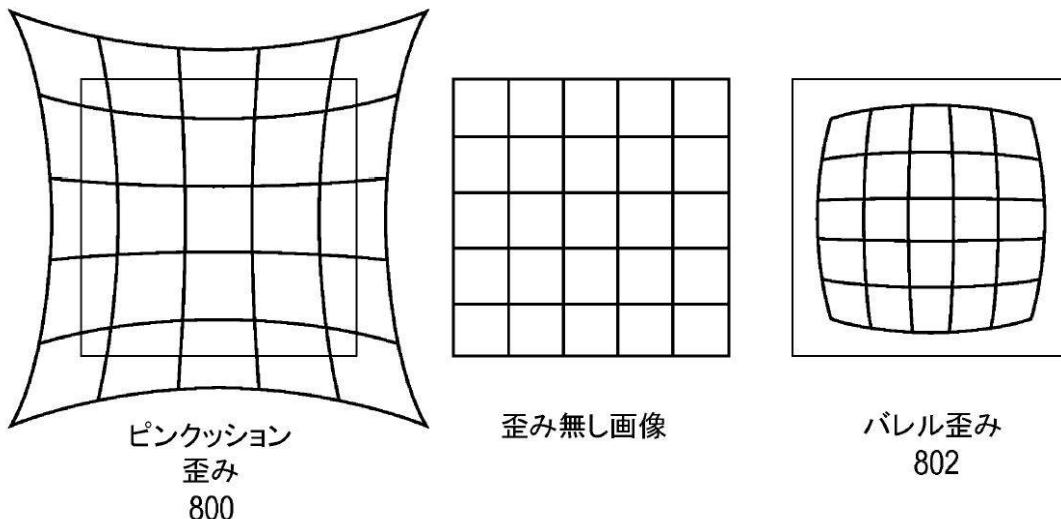
【図1】



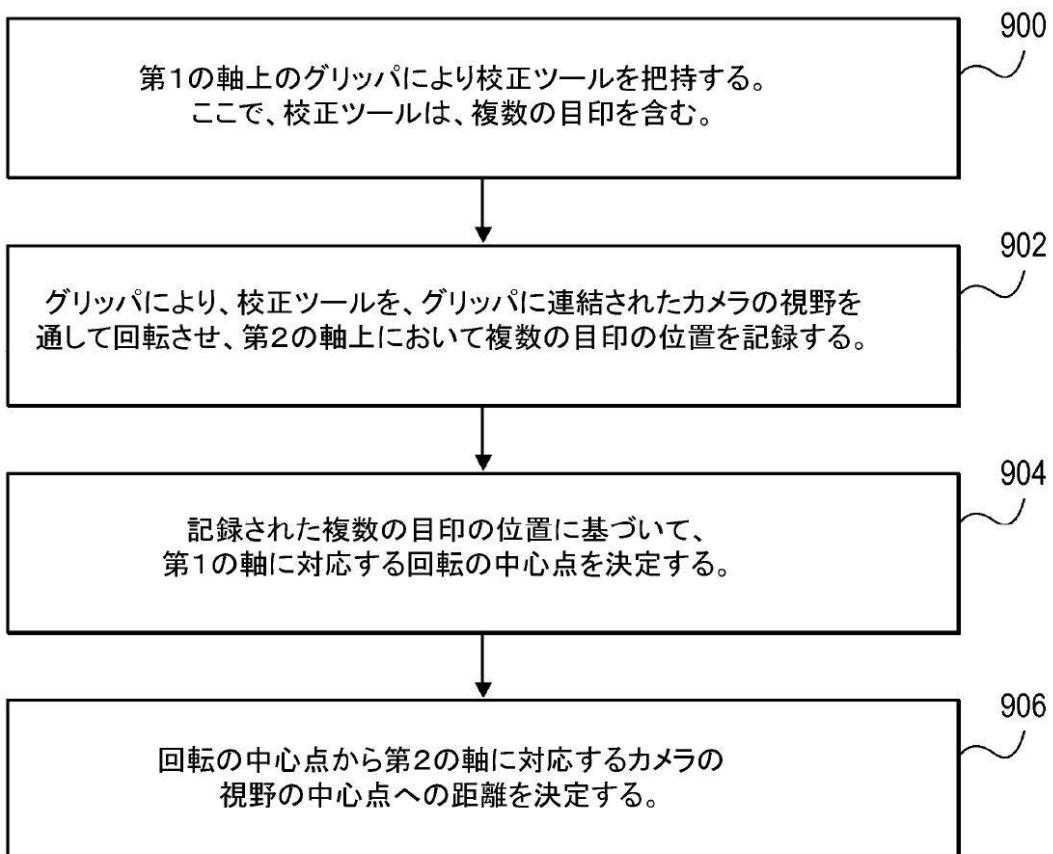
【図7】



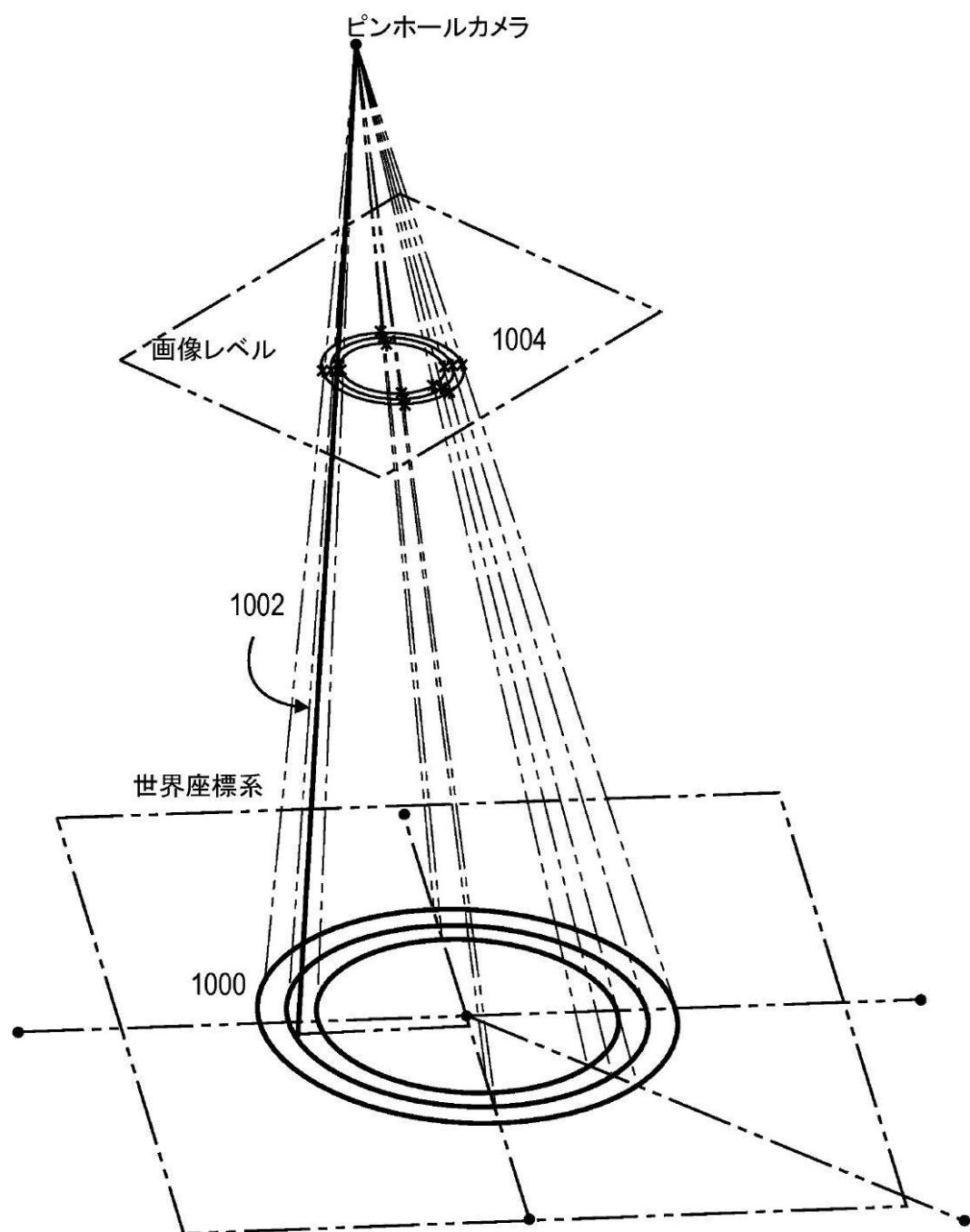
【図 8】



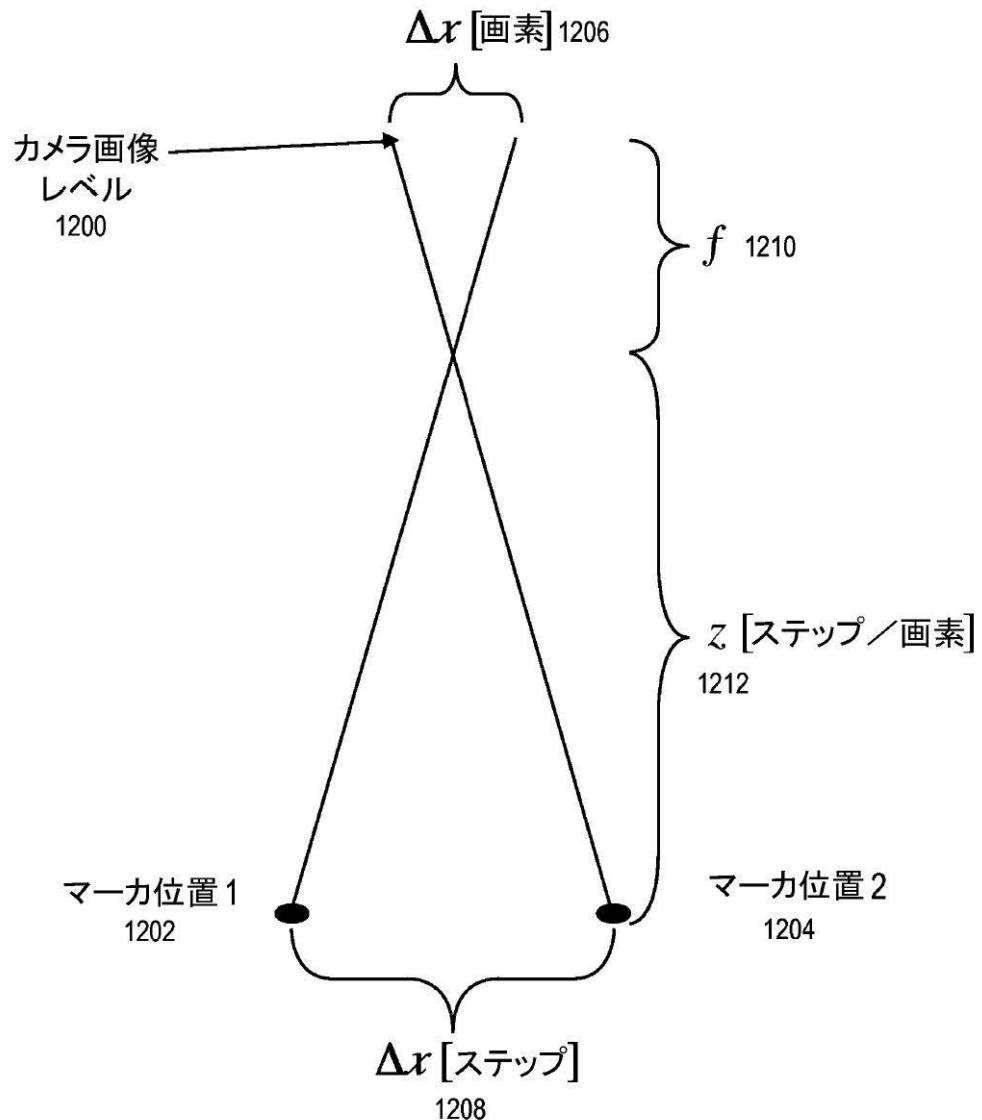
【図 9】



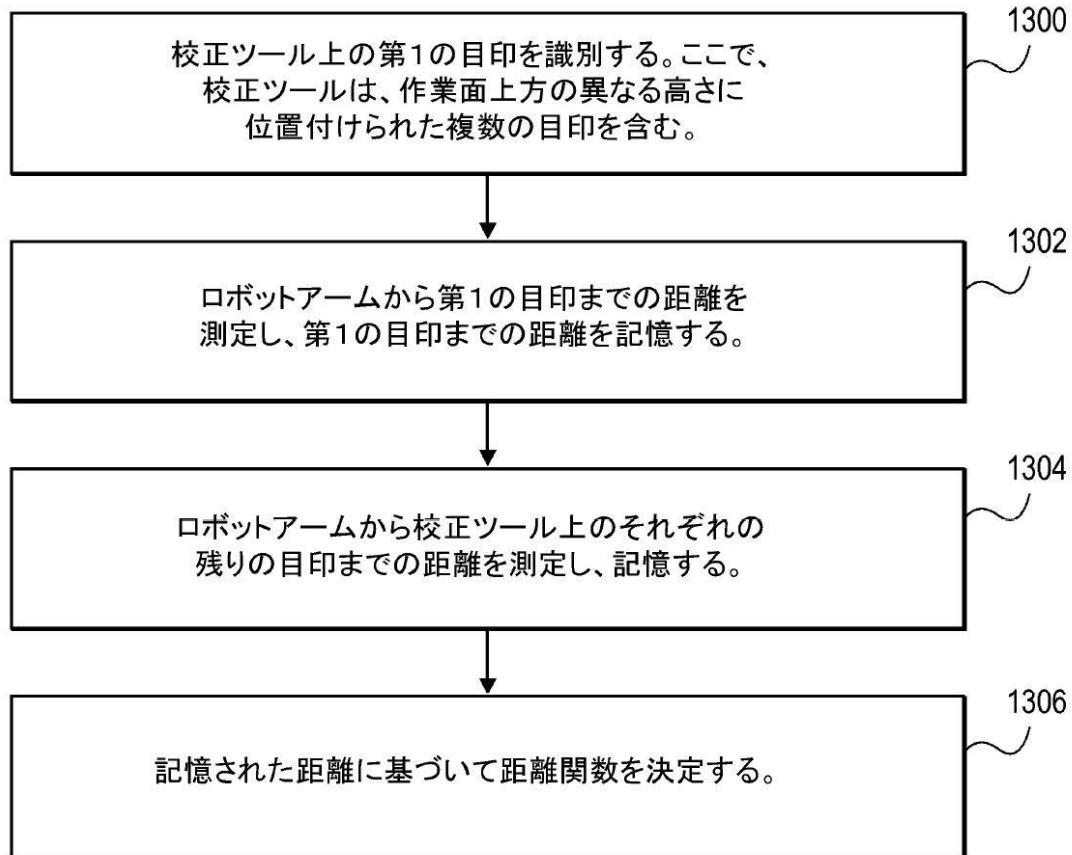
【図 10】



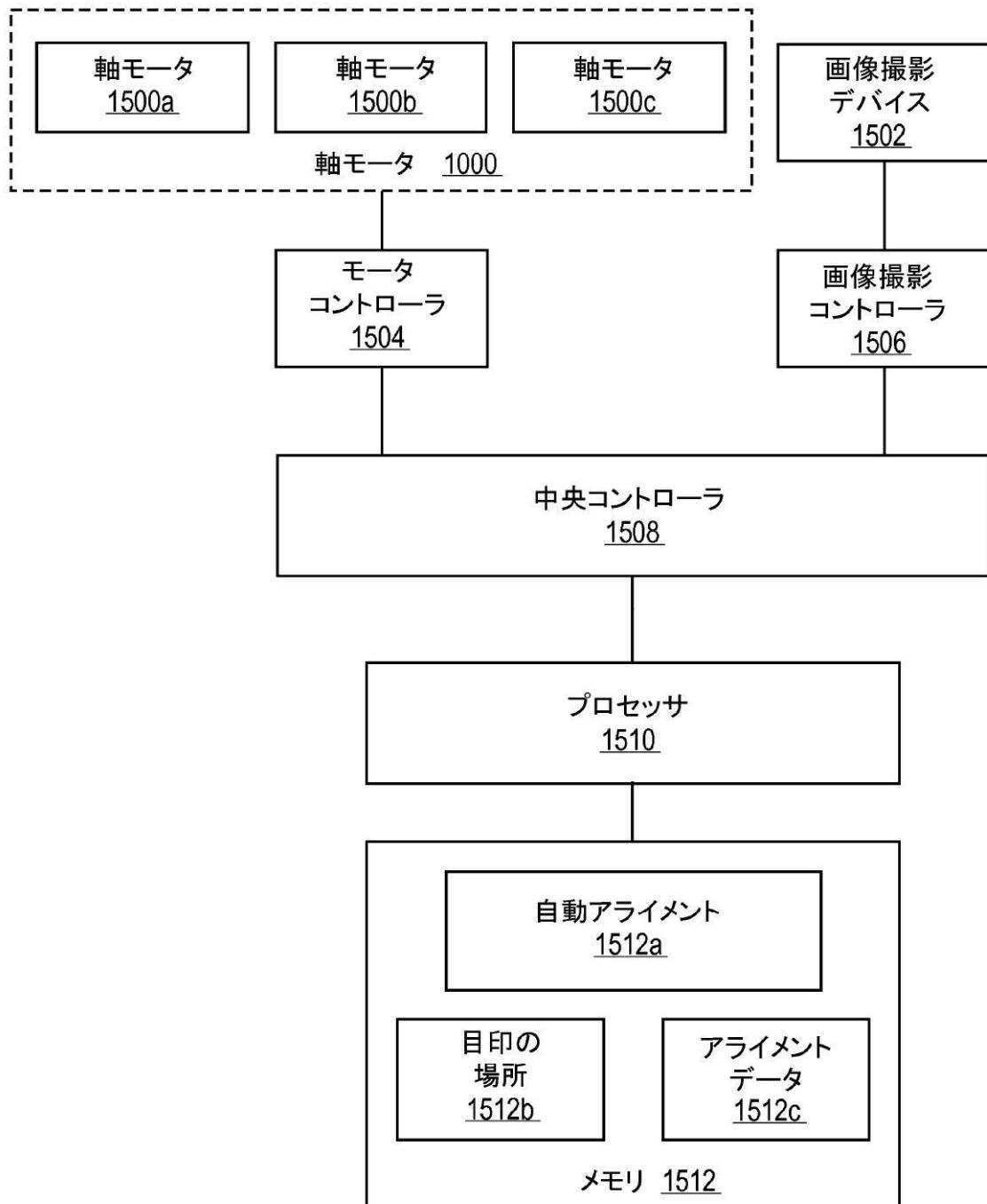
【図 1 2】



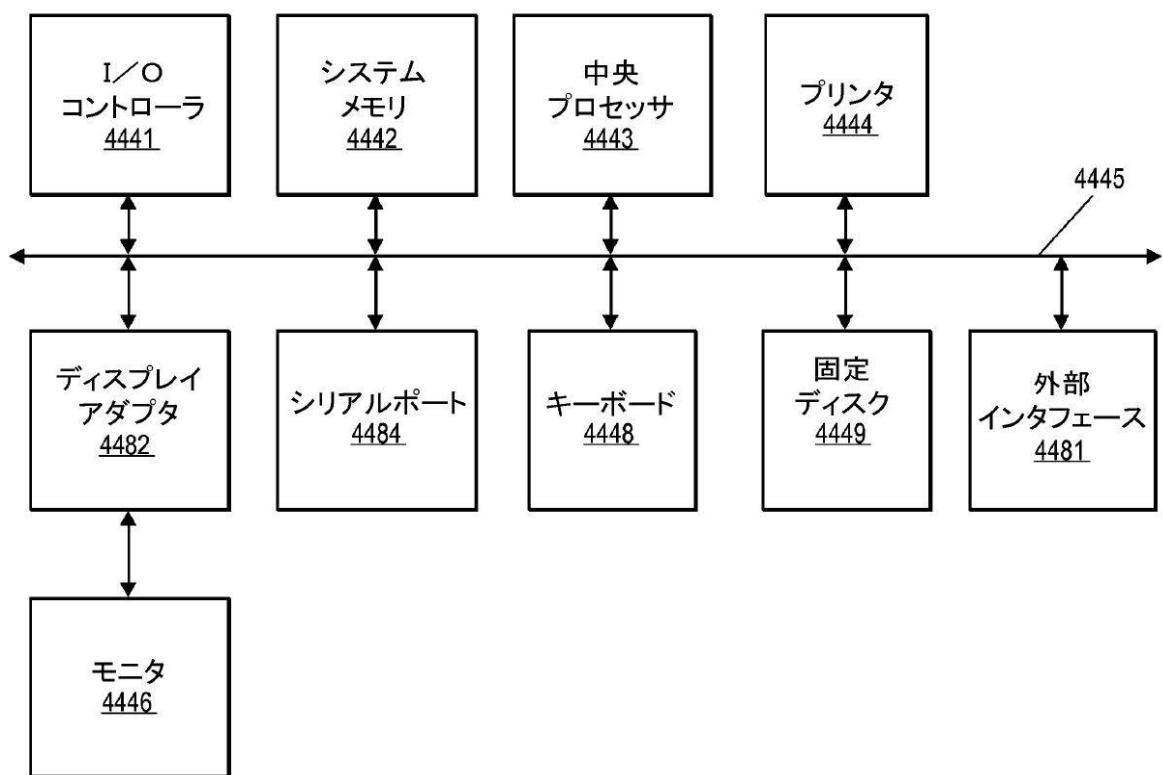
【図13】



【図15】



【図16】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No PCT/US2013/063523
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. B25J9/16 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B25J G05B G01N		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP S64 2889 A (OMRON TATEISI ELECTRONICS CO) 6 January 1989 (1989-01-06) the whole document -----	1-7, 16-23
A	US 2006/047363 A1 (FARRELLY PHILIP J [US] ET AL) 2 March 2006 (2006-03-02) abstract figure 1 paragraphs [0029] - [0052] -----	1-7, 16-23
A	US 2003/144765 A1 (HABIBI BABAK [CA] ET AL) 31 July 2003 (2003-07-31) abstract figure 1 paragraphs [0064] - [0144] ----- -/-	1-7, 16-23
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		<input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search 11 February 2014		Date of mailing of the international search report 23/05/2014
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL-2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax (+31-70) 340-3016		Authorized officer Hageman, Elodie

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/US2013/063523

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>HANOI ZHUANG ET AL: "Using a scale: self-calibration of a robot system with factor method", PROCEEDINGS OF THE 2001 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ROBOTICS AND AUTOMATION. ICRA 2001. SEOUL, KOREA, MAY 21 - 26, 2001; [PROCEEDINGS OF THE IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ROBOTICS AND AUTOMATION], NEW YORK, NY : IEEE, US, vol. 3, 21 May 2001 (2001-05-21), pages 2797-2803, XP010550567, DOI: 10.1109/ROBOT.2001.933046 ISBN: 978-0-7803-6576-6 abstract figure 3 section 5.3</p> <p>-----</p>	1-7, 16-23

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US2013/063523

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. Claims Nos.: because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. Claims Nos.: because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. Claims Nos.: because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see additional sheet

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.

3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

1-7, 16-23

Remark on Protest

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

International Application No. PCT/US2013/063523

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

This International Searching Authority found multiple (groups of) inventions in this international application, as follows:

1. claims: 1-7, 16-23

Method and system for calibrating a gripper unit in the X-Y plane

2. claims: 8-11

Method for calibrating a gripper unit along the Z-axis

3. claims: 12-15

Method for correcting lens-related distortions in the images taken by a camera

INTERNATIONAL SEARCH REPORT				International application No	
Information on patent family members				PCT/US2013/063523	
Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date	
JP S642889	A 06-01-1989	JP	S642889 A	06-01-1989	
		JP	S642889 K1	06-01-1989	

US 2006047363	A1 02-03-2006	NONE			

US 2003144765	A1 31-07-2003	CA	2369845 A1	31-07-2003	
		US	2003144765 A1	31-07-2003	

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,R,S,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,H,R,HU,ID,IL,IN,IR,IS,JP,KE,KG,KN,KP,KR,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US

(72)発明者 シュトライブル, セバスチャン
ドイツ国 8 1 2 4 1 ミュンヘン, ラッカーバウアーシュトラーセ 8

(72)発明者 シックارت, マヌエル
ドイツ国 8 6 9 3 2 ピュルゲン, アルペンシュトラーセ 3

F ターム(参考) 3C707 ES03 ET08 JU08 JU09 KT01 KT05 LT17