

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7686375号
(P7686375)

(45)発行日 令和7年6月2日(2025.6.2)

(24)登録日 令和7年5月23日(2025.5.23)

(51)国際特許分類

F I

G 0 1 B 11/00 (2006.01)

G 0 1 B 11/00

H

請求項の数 20 外国語出願 (全19頁)

(21)出願番号	特願2020-84993(P2020-84993)	(73)特許権者	501442699
(22)出願日	令和2年5月14日(2020.5.14)		テカン・トレーディング・アクチェンゲ
(65)公開番号	特開2020-201245(P2020-201245 A)		ゼルシャフト
(43)公開日	令和2年12月17日(2020.12.17)		TECAN Trading AG
審査請求日	令和5年3月20日(2023.3.20)		スイス、ツェーハー 8 7 0 8 メンネドルフ、ゼーシュトラーク 1 0 3 番
(31)優先権主張番号	19177032	(74)代理人	100101454
(32)優先日	令和1年5月28日(2019.5.28)		弁理士 山田 卓二
(33)優先権主張国・地域又は機関	欧州特許庁(EP)	(74)代理人	100111039
前置審査			弁理士 前堀 義之
		(72)発明者	マルクス・ヴォルフ
			スイス 8 7 0 8 メンネドルフ、ミッテル
			ヴィースシュトラーク 7 2 番
		(72)発明者	フレッド・シンツェル
			スイス 8 7 0 8 メンネドルフ、アルテ・
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 3 D 位置決定用の位置検出器及び方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

対象物（20）用の位置決定スペース（13）における対象物（20）の3D位置情報を生成する位置検出器（30）であって、該位置検出器は、

レンズ（5）及び画像センサ（4）を有し、撮像領域（10）を画定するカメラ（3）と、

撮像領域（10）に配置された少なくとも1つの第1光偏向素子（1）と、

を備え、

カメラ（3）及び少なくとも1つの光偏向素子（1）は、位置決定スペース（13）の少なくとも2つの画像を画像センサ（4）に同時に生成するように構成され、

第1画像は、第1光偏向素子（1）で偏向された光ビームによって生成され、

少なくとも2つの画像は、位置決定スペースの視野方向に関して異なっており、

位置検出器（30）は、位置決定スペース（13）を照らすように配置された少なくとも1つの光源（6、6'）をさらに含み、

位置検出器（30）は、光の拡散的散乱のための第1拡散素子（7）を含み、

少なくとも1つの光源（6、6'）は、第1拡散素子（7）を介して間接的に位置決定スペースを照らすように配置され、

第1拡散素子（7）及び第1光偏向素子（1）は、位置決定スペースに対して互いに対向して配置される、

位置検出器（30）。

【請求項 2】

位置決定スペース（13）は、カメラ（3）の撮像領域（10）にある、請求項 1 に記載の位置検出器（30）。

【請求項 3】

第 1 光偏向素子（1）は、第 1 平面を形成する第 1 の平らな表面において光を偏向するよう構成されている、請求項 1 又は 2 に記載の位置検出器（30）。

【請求項 4】

第 2 光偏向素子（2）をさらに備え、カメラ（3）及び第 2 光偏向素子（2）は、第 2 光偏向素子（2）で偏向された光ビームによって少なくとも 2 つの画像のうちの第 2 画像を生成するよう構成されている、請求項 1 から 3 のいずれかに記載の位置検出器（30）。 10

【請求項 5】

第 2 光偏向素子（2）は、第 2 面を形成する第 2 の平らな表面において光を偏向するよう構成されている、請求項 4 に記載の位置検出器（30）。

【請求項 6】

第 1 光偏向素子（1）は、第 1 平面を形成する第 1 の平らな表面において光を偏向するよう構成され、

位置検出器は、第 2 光偏向素子（2）をさらに備え、カメラ（3）及び第 2 光偏向素子（2）は、第 2 光偏向素子（2）で偏向された光ビームによって少なくとも 2 つの画像のうちの第 2 画像を生成するよう構成され、

第 2 光偏向素子（2）は、第 2 面を形成する第 2 の平らな表面において光を偏向するよう構成されている、
請求項 1 又は 2 に記載の位置検出器（30）。 20

【請求項 7】

第 1 平面及び第 2 平面は、カメラ（3）の光軸（15）に垂直である想像上の直線において交差する、

請求項 6 に記載の位置検出器（30）。

【請求項 8】

想像上の直線及び光軸は、位置検出器（30）における対称面を形成する、
請求項 7 に記載の位置検出器（30）。

【請求項 9】

第 1 平面及び第 2 平面は、4 つの空間部分を形成し、カメラ（3）及び位置決定スペース（13）は、上記 4 つの空間部分における第 1 空間部分に配置され、該第 1 空間部分の開口角度（ α ）は、 100° から 140° の範囲にある、
請求項 6 から 8 のいずれかに記載の位置検出器（30）。 30

【請求項 10】

第 1 空間部分の開口角度（ α ）は、 130.0° から 135.0° の範囲にある、
請求項 9 に記載の位置検出器（30）。

【請求項 11】

カメラ（3）、第 1 光偏向素子（1）、及び第 2 光偏向素子（2）は、位置決定スペースの中心点に関して、中心点から第 1 光偏向素子を介してレンズを通り画像センサへの第 1 ビーム経路、及び中心点から第 2 光偏向素子を介してレンズを通り画像センサへの第 2 ビーム経路は、中心点において互いに直角に延在するように配置されている、請求項 6 から 10 のいずれかに記載の位置検出器（30）。 40

【請求項 12】

第 2 拡散素子（8）をさらに備え、第 2 拡散素子（8）及び第 2 光偏向素子（2）は、位置決定スペース（13）に対して互いに反対側に配置され、少なくとも 1 つの光源（6、6'）は、第 2 拡散素子（8）を介して位置決定スペースを間接的に照らすように配置される、請求項 1 から 11 のいずれかに記載の位置検出器（30）。

【請求項 13】

当該位置検出器は、カメラ（3）を囲むハウジング（9）、第 1 光偏向素子（1）、位 50

位置決定スペース（１３）、及び任意に第２光偏向素子（２）を備え、ハウジング（９）は、対象物（２０）の少なくとも１つの端部を位置決定スペース（１３）へ導入するアクセス開口（１９）を有する、

請求項１から１２のいずれかに記載の位置検出器（３０）。

【請求項１４】

請求項１から１２のいずれかに記載の位置検出器（３０）を備える、
ロボットシステム（５０）。

【請求項１５】

ピペット操作ロボットシステムである、
請求項１４に記載のロボットシステム（５０）。

【請求項１６】

請求項１から１３のいずれかに記載の位置検出器（３０）を用いて対象物の空間座標を決定する方法（１００）であって、

対象物は位置検出器（３０）の位置決定スペースにあり、
方法は、

- a) カメラに対して対象物の少なくとも一部を位置決めすること（１０１）、
 - b) カメラの画像センサに対象物の少なくとも２つの画像を生成すること（１０２）、
- を備え、

ここで少なくとも１つの画像は、対象物の反射によって生成され、少なくとも２つの画像は、異なる視野方向から対象物を再生し、

ステップb)における記録は、位置検出器（３０）のカメラ（３）によって実行され、ここで画像記録は、第１及び第２の画像を含み、第１画像は、第１光偏向素子（１）で偏向したビーム経路によって生成され、

方法はまた、

- c) 少なくとも２つの画像から対象物の空間座標を決定すること（１０３）、
- を備え、

ここで、ステップc)における対象物の空間座標の決定（１０３）は、

c 1) ステップb)において生成された画像記録において第１画像を評価し（１０４）、
ここでは画像内の対象物の第１水平－垂直位置が決定され、

c 2) ステップb)において生成された画像記録において第２の画像を評価し（１０５）、
ここでは画像内の対象物の第２水平－垂直位置が決定され、

c 3) 第１及び第２の水平－垂直位置の関数として対象物の空間座標を計算すること（１０６）、

を備える、

空間座標を決定する方法。

【請求項１７】

ステップc 3)における対象物の空間座標の計算は、第１及び第２の水平－垂直位置の平均値、及び第１及び第２の水平－垂直位置の距離の関数として行われる、請求項１６に記載の方法。

【請求項１８】

請求項１４または１５によるロボットシステム（５０）を操作する方法であって、

－第１対象物が位置決定スペースにおいてロボットシステムによって保持されながら、
第１対象物の基準点の第１空間座標を決定するために請求項１６又は１７に記載の方法のステップを行なうこと、

－ロボットシステムの第１動作シーケンスの第１パラメータセットを決定すること、これによってロボットシステムは、第１対象物の基準点を位置決定スペースから目標位置へ移動する、

－第２対象物が位置決定スペースにおいてロボットシステムによって保持されながら、
第２対象物の基準点の第２空間座標を決定するために請求項１６又は１７に記載の方法のステップを行なうこと、

10

20

30

40

50

ーロボットシステムの第2動作シーケンスに関する第2パラメータセットを得るために、第1及び第2の空間座標間の差の関数として、第1動作シーケンスの第1パラメータセットを修正すること、

ー第2対象物による第2パラメータセットに基づいて第2動作シーケンスを行なうこと、を備えた方法。

【請求項19】

ロボットシステムは、ピペット操作ロボットシステムであり、第1対象物はピペット先端であり、第2対象物はピペット先端である、請求項18に記載の方法。

【請求項20】

位置決定スペースにおける対象物の空間座標を決定するシステムであって、ここで該システムは、請求項1から13のいずれかに記載の位置検出器及び評価ユニットを備え、ここで画像センサ及び評価ユニットは、画像データの伝送のために動作可能に接続され、システムは、請求項16又は17に記載の方法を行なうのに適している、

システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、位置決定スペースにおける対象物の3D位置決定（測定）のための位置検出器及び方法に関する。本発明のさらなる態様は、発明による位置検出器を有するロボットシステム、空間座標の決定方法、ロボットシステム、特にピペット操作ロボットシステムの操作方法、対象物の空間座標を決定するための方法及びシステムの応用に関する。

【背景技術】

【0002】

位置検出器は、3つの座標方向において対象物の位置を正確に知るべき様々な状況において使用される。以下では、そのような状況の理解を助ける具体例として、ピペット先端の位置決定（測定）が論じられる。

【0003】

ピペット生産における製造バラツキ、あるいはピペット先端を取り上げるときのアセンブリ誤差に起因して、ピペットのピックアップに対するピペット先端の相対的位置は、変動しがちである。たとえピペットのピックアップが、例えばピペット操作ロボットによって、正確にそして再現性良く位置決めされたとしても、ピペット先端の位置変動は、ウエルプレートにおけるウエルのような小さな対象物にピペット先端が十分に確実に到達するのを恐らく妨げる可能性がある。ピペット先端材料の質及び選択は、ピペット先端の位置の変動範囲に影響を与え、小さなウエル間隔を有するウエルプレートの使用を恐らく排除する。

【0004】

標準マイクロプレートにおける外側寸法を有するプレート形態の位置検出器は、特許明細書EP1489425B1により既知である。これは、ピペット先端のような機能的要素の位置決めを、そのビーム方向がプレートの外縁と平行ではない、2つの光バリアからの走査ビームによって可能にする。このプレートは、位置を決定するために、そのプレートの領域における直交座標のX、Y、Z方向にロボットシステムによって対象物が移動し、かつ走査ビームの陰影（shading）がこれに同期して観察されるという方法において使用可能である。このようにして、例えば、プレートに関するピペット先端の位置決めが可能である。

【0005】

この方法の欠点は、位置を決定するのに比較的長い時間がかかるということである。位置決定の精度を増すには、より遅い移動が必要である。さらなる欠点は、光バリアレーサーからの信号の評価と共にロボットシステムの横方向移動の同期が必要ということである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【文献】EP1489425B1

【発明の概要】

【0007】

本発明は、従来技術の欠点を解決する装置及び方法を提供することを目的とする。特に本発明は、位置の決定（測定）をより短い時間で実行可能にすることを目的とする。さらに、発明は、3つの全ての空間次元において位置の決定（測定）を正確に実行可能にすることを目的とする。

【0008】

目的は、請求項1による位置検出器によって解決される。

【0009】

発明による位置検出器は、対象物に関する位置決定（測定）スペースにおける対象物の3D位置情報を生成するために使用される。この位置検出器は、

- －撮像領域を形成するレンズ及び画像センサを有するカメラ、及び
- －撮像領域に配置された少なくとも1つの第1光偏向素子、

を備える。

【0010】

カメラ及び少なくとも1つの光偏向素子は、位置決定スペースの少なくとも2つの画像を画像センサにおいて同時に生成するのに適しており、それによって、第1光偏向素子で偏向された光ビームによって第1画像を生成する。ここで、少なくとも2つの画像は、位置決定スペースの視野方向（見る方向）に関して異なる。

【0011】

対象物の3D位置情報は、例えば、画像センサによって記録可能である画像記録に含むことができる。位置決定スペースは、3D位置が決定される対象物を少なくとも部分的に受け取ることができるという手法にて設計されている。位置決定スペースからスタートするビーム経路は、発明による位置検出器によって少なくとも2つの異なる方向で画像センサにおいて実像へ撮像される。これらの異なる2つの方向は、位置決定スペースの異なる視野方向に相当する。撮像の最終段階は、カメラレンズによって行なわれる。レンズの前に、少なくとも1つの第1光偏向素子がある。位置検出器は、少なくとも2つのそのような実像が同時に画像センサに生成されるように設計される。画像の少なくとも1つは、第1光偏向素子で偏向された光ビームによって生成される。この光偏向素子は、カメラの直接撮像領域にある。光偏向素子は、例えばミラーあるいは偏向プリズムであることができる。光偏向素子は、規定された方向に光ビームを偏向し、ビーム経路に沿った下流のレンズが偏向された光ビームを実像へ画像化できるように設計されている。光偏向素子は、例えば、拡大効果が達成可能なような方法においてカメラレンズと相互作用するように設計可能である。光偏向素子はまた、歪んでいない撮像用に設計されてもよい。第1及び第2の画像は、画像センサにおいて異なる領域に生成可能である。2つの画像はまた、部分的に重なることができ、また例えば、色、波長領域、あるいは偏光によって区別可能である。第1及び第2の画像へのビーム経路は、異方向からカメラレンズに影響を与えることができる、又は、例えば半鏡状態（semi-mirrored）の光学素子を介してカメラの前に混合可能である。

【0012】

発明者は、提案する位置検出器が非常に単純な方法において対象物の3D位置情報を決定（測定）するために使用可能であることを認識した。異なる視野方向からの2つの画像の同時生成に起因して、従来の二次元画像とは異なり、第3の空間次元に関する情報も決定（測定）することができる。3D位置情報の決定は、短時間にて実行することができる。

【0013】

本発明は、3つの座標方向において対象物、特に長方形の対象物、の基準点の位置が正確に知られているべき様々な状況に適用可能である。そのような状況の具体的な例として

10

20

30

40

50

、ピペット先端の位置決定を序論部分において述べた。本発明によってその位置が決定可能である対象物の基準点は、例えば任意の長方形対象物の端部である。ピペット先端とは別に、上記基準点はまた、ドリルの先端、フライス盤の端面の中心、形態トレーサのプロープ先端、はんだごての先端、等であることができる。位置検出器の実施形態は、請求項 2-12 の特徴に由来する。従属請求項の特徴は、互いに矛盾しない限り、任意に組み合わせることができる。

【0014】

1つの実施形態において、位置決定スペースは、カメラの撮像範囲内に位置する。この実施形態では、少なくとも2つの画像のうちの1つは、位置決定スペースからカメラレンズへの直接のビーム経路を介して生成することができる。この実施形態は、特に単純になりえる。例えば、位置決定スペースは、カメラの撮像領域の中心に位置することができ、カメラの撮像領域の周辺ゾーンにおける単一の光偏向素子は、位置決定スペースにおける観察の第1方向を得るために使用することができ、ここで上記第1方向は、位置決定スペースにおける観察の直接の方向、つまりこの場合、観察の第2方向、にほぼ垂直になりえる。

【0015】

位置検出器の1つの実施形態では、第1光偏向素子は、第1平面を形成する第1の平らな表面において光を偏向するように設計されている。この実施形態により、歪んでいない第1画像が達成される。位置検出器により生成された3D位置情報の評価は、この実施形態で特に容易である。第1の平らな表面は、例えば、平らな鏡付きの表面あるいは光学ブリズムの平面であることができる。この第1平面は、そのエッジを越えて第1の平らな表面を延ばした想像上の平面である。この第1平面は、カメラの光軸と共に、ある角度、例えば20°から50°の範囲の角度、を形成する例えば法線を有することができる。45°よりもわずかに大きな角度は、位置決定スペースへの直接視野方向(direct viewing direction)と共に、一对の直交する視野方向を供給するのに適している。光軸に対して小さな傾斜角、例えば0°-30°の範囲の傾斜角は、位置決定スペースよりもカメラからさらに離れている第1光偏向素子の位置と組み合わせて、直接の視野では見えない対象物の側面を示す対象物の視野方向(direction of view)を提供するのに役に立つ。

【0016】

位置検出器の1つの実施形態はまた、第2の光偏向素子を含んでいる。カメラ及び第2光偏向素子は、第2光偏向素子で偏向された光ビームによって少なくとも2つの画像の第2画像を生成するのに適している。この実施形態では、第1及び第2の光偏向素子は、対象物から第1及び第2の画像までのビーム経路が本質的に同じ長さであるように、配列することができる。このことは、両画像が画像センサに同時に合焦することを可能にする。この実施形態はまた、位置決定スペースの直接視野を可能にし、それにより、位置決定スペースの第3の画像がカメラの画像センサにて得られることを可能にすることができる実施形態と組み合わせることができる。

【0017】

位置検出器の1つの実施形態では、第2光偏向素子は、第2平面を形成する第2平面において光を偏向するように設計されている。この実施形態は、第1画像に関して既に上述したように、第1及び第2の画像が歪んでいないという利点を有する。第2平面は、そのエッジを越えて第2平面を延ばした想像上の平面である。第2光偏向素子は、第1光偏向素子に関して上述したのと同じ特徴を有することができる。

【0018】

位置検出器のさらなる実施形態では、これは上述の実施形態のうちの2つにおける特徴の組み合わせであり、第1及び第2の光偏向素子の両方は、第1及び第2の平面をそれぞれ形成する第1及び第2の平板において光を偏向するように設計される。

【0019】

特に、第1及び第2の光偏向素子は、2つの平面ミラーであってもよい。例えば、発明による位置検出器は、この実施形態によれば、2つの光偏向素子、特にミラー、だけで、

実施することができ、その結果、2つの光偏向素子以外、カメラの外側に更なる光学素子は必要ない。

【0020】

第1及び第2の平面が上述のように形成される位置検出器の1つの実施形態では、第1及び第2の平面は、カメラの光軸に垂直な想像上の直線において交差する。

この実施形態では、想像上の直線及び光軸は、当該装置の対称面を形成することができる。特に、そのような対称面は、位置決定スペースを通過することができる。よって、第1及び第2の画像は、対称面における対象物に関して、等しい長さのビーム経路を介して生成される。第1及び第2の平板表面は、対称面に近接して延在することができる。この配置は、カメラの撮像領域を良好に利用できるという利点を有する。

10

【0021】

位置検出器の更なる実施形態では、第1及び第2の平面は、4つの空間部分を形成し、ここで、カメラ及び位置決定スペースは、それらの4つの空間部分の第1空間部分に配置され、ここで第1空間部分の開口角度は、 $100^{\circ} - 140^{\circ}$ の範囲にある。

この実施形態により、特に良好に評価できる3D位置情報を生成することができる。これは、この実施形態により、第1及び第2の画像に関して位置決定スペースの主に独立した視野方向を達成することができるという事実起因する。特に、第1空間部分の開口角度は、 130.0° から 135.0° までの範囲にあることができる。したがって、観察の方向は、互いに実質的に直角であることができる。例えば、鏡面对称による配置では、第1及び第2の平面は、カメラの光軸に約 23° でそれぞれ傾斜した法線を有することができる。この例において、空間部分の開口角度は、 $134^{\circ} (= 180^{\circ} - 2 * (23^{\circ}))$ である。カメラとミラーとの間が大きな距離の不明確な場合 (borderline case) では、観察の直角方向は、それぞれ 22.5° のミラーの傾斜角 (つまり 135° の空間部分の開口角度) によって達成することができる。

20

【0022】

位置検出器の1つの実施形態では、カメラ、第1光偏向素子、及び第2光偏向素子は、位置決定スペースの中心点に対して以下のように配列される。即ち、上記中心点から第1光偏向素子を介してレンズを通り画像センサまでの第1ビーム経路と、上記中心点から第2光偏向素子を介してレンズを通り画像センサまでの第2ビーム経路とが、上記中心点において互いに直交して延在するように、配列される。

30

この実施形態により、特に良好に評価可能である3D位置情報を生成することができる。

【0023】

位置検出器の1つの実施形態は、位置決定スペースを照らすように配列された少なくとも1つの光源をさらに備える。

この光源は、3D位置情報の質を高めることができ、例えば、3D位置情報を含む画像記録における画像ノイズを低減することができる。例えば、光源は、フラッシュモードにおいて照明するように設計されてもよい。光源は、単色光あるいは狭い波長帯域からの光を発してもよい。このことは、カメラの前の、あるいはカメラ内側における光源以外のソースからの光を阻害して選択的に除去することを可能にする。

【0024】

40

位置検出器の更なる実施形態は、少なくとも1つの光源に加えて、光を拡散する第1拡散素子を備える。ここで、第1拡散素子及び第1光偏向素子は、位置決定スペースに対して互いに対向して配列され、少なくとも1つの光源は、位置決定スペースを第1拡散素子を介して間接的に照らすように配列される。

この実施形態では、対象物の輪郭が特に明確である陰影像 (shadow image) が第1画像に生成される。よって、頂点のような対象物の特徴点は、特に良好に認識することができる。更に、この実施形態は、反射面あるいは少なくとも部分的に透明な物体を有する対象物の3D位置を決定 (測定) するのに特に適している。

特にこの実施形態は、さらに第2拡散素子を備えてもよく、第2拡散素子及び第2光偏向素子もまた、位置決定スペースに対して互いに対向して配列され、少なくとも1つの光

50

源は、第2拡散素子を介して位置決定スペースを間接的に照らすように配列される。このようにして、2つの同様の陰影像が2つの異なる視野方向から生成される。第2光源もまた、特に第2拡散素子を照らすように配置されてもよい。この場合、第1及び第2の光源は、例えば、放射光線の色あるいは波長を異ならせることができ、これは、たとえ画像が重なっても、2つの陰影像を画像センサにおいて区別可能にする。例えば、適切な光源により、赤い背景に対する対象物の第1陰影像と、異なる視野方向からの、及び緑の背景に対する対象物の第2陰影像とを、画像センサに同時に生成することができる。

【0025】

位置検出器の1つの実施形態は、カメラ、第1光偏向素子、位置決定スペース、及び必要に応じて第2光偏向素子を囲むハウジングを備え、ここでハウジングは、対象物の少なくとも1つの端部を位置決定スペースに挿入するためのアクセス開口を有する。

10

この実施形態は、特に高品質の3D位置情報を生成する。この実施形態では、カメラの撮像範囲内の迷光あるいは対象物によって引き起こされた干渉、これは3D位置情報が収集されるべき対象物に属さない、は、大部分、除去される。同時に、その位置が決定（測定）されるべき対象物は、アクセス開口を通り容易に交換することができる。

【0026】

例えば、位置検出器のカメラは、50mmから200mmの範囲の焦点距離を有するレンズを有する。特に、そのレンズは、望遠レンズの特性を有してもよい。

発明者は、この実施形態では、3D位置情報が特に高精度で決定可能であることを認識した。上述の範囲での焦点距離により、画像のひずみは非常に低く、また、大きな被写界深度を達成することができる。

20

【0027】

請求項13によるロボットシステムもまた、発明の権利範囲内である。発明によるロボットシステムは、発明による位置検出器を備える。特に、このロボットシステムは、ピペット操作ロボットシステムであってもよい。

【0028】

更に、目的は、請求項14による方法によって解決される。発明による方法は、対象物の空間座標を決定（測定）する方法である。該方法は、以下のステップを備える：

- a) カメラに対して対象物の少なくとも一部を位置決めすること、
- b) カメラの画像センサに対象物の少なくとも2つの画像を生成すること、ここで、画像の少なくとも1つは、対象物の反射によって生成され、また、少なくとも2つの画像は、異なる視野方向から対象物を再生する、そして
- c) 少なくとも2つの画像から対象物の空間座標を決定すること。

30

発明による方法により、対象物の空間座標は、非常に速く決定することができる。

【0029】

上記方法の変形は、発明による位置検出器の位置決定スペースにおける対象物の空間座標を決定するために使用される。この方法は、次のステップを備える：

- a) 位置決定スペースにおいて対象物の少なくとも一部の位置決めを行うこと；
- b) カメラによって画像記録を生成すること、ここで画像記録は、第1及び第2の画像を含み、第1画像は、第1光偏向素子で偏向されたビーム経路によって生成される、
- c 1) ステップb) にて生成された画像記録において、第1画像を評価すること、ここで該画像内の対象物の第1の水平－垂直位置が決定される、
- c 2) ステップb) にて生成された画像記録において、第2画像を評価すること、ここで該画像内の対象物の第2の水平－垂直位置が決定される、
- c 3) 第1及び第2の水平－垂直位置の関数として、対象物の空間座標を計算すること。

40

【0030】

ステップc 3) における計算の基礎として、例えば、予め、較正手順が実行可能であり、ここで較正手順は、3つの独立した空間方向における既知の座標値によって対象物が移され、ステップa)、b)、c 1)、c 2) 及びc 3) が実行される。画像記録において決定された位置と既知の座標変更との関係から、2つの画像における水平－垂直位置と空

50

間座標との間の変換係数用の連立一次方程式が確立され、解くことができる。このような較正手順は、正確なクロステーブル (cross table) において、例えば、 $10\text{ }\mu\text{m}$ あるいはより良い位置分解能を有する CNC マシンにおいて、実行することができる。

発明者は、発明による位置検出器による画像記録からの 3D 位置情報の使用が、特に正確で再現性のある空間座標につながることを認識している。

【0031】

上記方法の一つの変形において、ステップ c 3) は、第 1 及び第 2 の水平－垂直位置の平均値と、第 1 及び第 2 の水平－垂直位置間の距離との関数として、対象物の空間座標を計算することを含む。

方法におけるこの変形では、第 1 座標は、2つの垂直位置の平均値から決定することができる。第 2 座標は、2つの水平位置の平均値から決定することができる。第 3 座標は、第 1 と第 2 の水平－垂直位置間の距離から決定することができる。この座標は、第 1 及び第 2 の座標から独立しており、3つ全ての座標の組み合わせが空間座標に帰着することを保証する。

【0032】

さらに、発明の範囲内には、発明によるロボットシステムを操作する方法がある。この方法は、以下のステップを含む：

- －第 1 対象物の基準点の第 1 空間座標を決定するために、第 1 対象物がロボットシステムによって位置決定スペースに保持されながら、発明による方法のステップを実行すること、

- －ロボットシステムにおける第 1 動作シーケンスの第 1 パラメータセットを決定すること、これによってロボットシステムは、第 1 対象物の基準点を位置決定スペースから目標位置へ移動する、

- －第 2 対象物の基準点の第 2 空間座標を決定するため、第 2 対象物がロボットシステムによって位置決定スペースに保持されながら、発明による方法のステップを実行すること、

- －ロボットシステムにおける第 2 動作シーケンス用の第 2 パラメータセットを得るため、第 1 と第 2 の空間座標間の差の関数として、第 1 動作シーケンスの第 1 パラメータセットを修正すること、

- －第 2 対象物による第 2 パラメータセットに基づいて第 2 動作シーケンスを実行すること。

【0033】

第 1 対象物の基準点の第 1 空間座標を決定する方法は、第 1 動作シーケンスの第 1 パラメータセットが形成される前あるいは後に実行することができる。2つのステップの組み合わせでは、一種の仮想のゼロ点の、基準点は、位置決定スペースに形成され、第 1 動作シーケンスは、それから所望の目標位置を正確に導く。さらなる動作シーケンスは、他の対象物の対応する基準点もまた目標位置へ案内されるような方法において、第 2 対象物の、及び以前に形成された基準点からの他の対象物の、対応する基準点のズレ (deviation) に関して修正することができる。例えばピペットの先端であってもよい、基準点の正確な位置における変動は、このように補償することができる。このような変動は、例えばピペットである、各対象物の、例えば、個々の形状のズレ、誤差 (geometric deviations) によって引き起こされることができる。例えば、長い中空のニードルにおける僅かな曲がり、ほとんど避けることができず、これは、ニードルの軸芯に垂直な平面において、ニードルのピックアップの位置とニードルの先端との間のズレになる。変動はまた、ロボットシステムによる対象物の取り上げ (pickup) の再現性が必ずしも完全だと限らないことによって引き起こされる場合がある。例えば、対応する容器へのピペットの繰り返しの接続は、たとえピペットが同じでも、容器と比較して、ピペット先端の空間位置における僅かな変動につながる。発明による方法は、正確な原因に関係なく、これら全ての変動を補償する。

【0034】

本発明は、ロボットシステムを操作するための発明による方法の応用の方へさらに向け

られている。

【0035】

この方法の1つの応用では、ロボットシステムは、ピペット操作ロボットシステムであり、また第1対象物はピペット先端であり、第2対象物はピペット先端である。

この応用では、ウエルのアプローチにおける高い精度は、ピペット先端の製造バラツキと無関係に達成される。このことは、例えば、ピペット操作のリスクを増すことなく、96のウエル、384のウエル、又は1536ウエルを有する標準のウエルプレートのような、小さなホール間隔を有するウエルプレートと共に廉価版のピペットの使用を可能にする。

例えば、第1対象物は、第1ピペット先端であることができ、第2対象物は、第1ピペット先端とは異なる第2ピペット先端であることができる。例えば、第2対象物も第1ピペット先端であることができるが、例えば容器の蓋を貫通するために第1ピペット先端が使用された後である。例えば、長い金属カニューレの形態におけるピペット先端は、容器の蓋を貫通するために使用することができる。これは、僅かに形状を変化させ、よってピペット先端の位置が変わるかもしれない。この意味で、穿孔工程前後のピペット先端は、第1及び第2の対象物であり、その3D位置は、発明に従う方法によって別々に決定することができる。

例えば、ピペット操作ロボットは、いくつかのピペット、例えば4又は8つのピペットの配列を連続して移動させることができる。この場合、例えば、その目標位置からの個々のズレは、位置検出器におけるいくつかのピペットの各々に関して決定することができる。よって、例えば、いくつかのピペットの全部の配列は、大まかな位置にともに移動することができ、よって各ピペットからの分注は、別々に行なうことができる。ここで、分注の直前に、その位置の個々の微修正は、位置検出器において決定されたオフセットに基づいて実行することができる。

【0036】

応用の一つの変形において、目標位置は、MALDIターゲットプレート、つまりマトリックス支援レーザー脱離イオン化用のターゲットプレートの上方にある。

応用におけるこの変形では、溶液における分析物は、下記のステップでレーザービームが当てられるターゲットプレートにおけるその部分へ非常に正確にピペット操作されることができる。このようにして、分析物分子を有するパルスは、最も高い分析物濃度を有するターゲットプレートにおける領域を探すのに時間を要することなく、直ちに生成される。応用のこの変形は、マトリックス支援レーザー脱離イオン化法(MALDI-TOF)に基づいた飛行時間解析(TOF)を有する質量分析用の準備段階として特に適している。

例えば、MALDIターゲットプレート用のキャリアーを有する移送装置は、位置検出器が装着されるのと同じプラットホームに装着される。この移送装置は、ピペット操作位置からMALDI-TOF質量分析計へターゲットプレートを移送するために使用される。このようにして、MALDI-TOF質量分析計のレーザービームが当てられる位置に当たるときに、特に高い再現性を達成することができる。

【0037】

可能な手続きは、以下のステップを含んでいる：

- －ピペット先端の取り上げ。

- －位置検出器の位置決定スペースへ第1ピペット先端を移動させて、発明による方法によって初回にピペット先端の第1空間座標を決定すること。これは、その後使用されるピペット先端用の基準点を形成する。

- －MALDIターゲットプレート上方の正確な所望の分注位置にピペット先端を移動させること。MALDIターゲットプレートは、ピペット操作位置にある。粗位置には、例えば、プログラムされた経路に沿って予め近づいてもよい。正確な位置への移動は、ロボットコントローラのいわゆる教示モードにおける矢印キーを使用してユーザーによって制御されてもよい。正確な目標位置は、例えば、ターゲットプレートに印刷されたリングによって認識されてもよい。ここで、リングの中心が目標位置に相当する。

ーロボットシステムの座標として目標座標を保存すること。よって、位置検出器における基準点と目標座標との間の全ての空間座標の距離は、知られている。

ー第2ピペット先端の取り上げ。

ー位置検出器の位置決定スペースへ第2ピペット先端を移動させて、発明による方法によってピペット先端の第2空間座標を決定すること。これは、第2ピペット先端の位置において、以前に決定された基準点から異なることに帰着する。

ーMALDIターゲットプレート上方の目標座標へ近づくこと、位置検出器における基準点と目標座標との間の距離が考慮され、以前に決定された基準点に対する第2ピペット位置の決定された差が考慮される。

【0038】

同じ方法において、いくつかの目標座標を決定することができ、例えば、MALDIターゲットプレート上方の分注位置に加えて、例えば分析物が吸引によって受け入れられるマイクロプレートにおける特定ウエルの座標が決定可能である。そして、分析物が取り上げられるウエルからMALDIターゲットプレート上方の所望の分注位置への経路に関する制御コマンドを決定するとき、格納された変位は、それを考慮することによって、有効なピペット操作手順において考慮に入れることができる。

【0039】

応用の別の变形では、目標位置は、培養プレートに形成され、第2動作シーケンスの第2パラメータセットは、培養プレートにおける細菌コロニーの座標に基づいて、さらに調整される。

応用を変更することによって、顕微鏡画像において正確に形成されている、細菌コロニーの領域を、ピペット先端を使用して打ち抜く（punch out）ことができ、さらにそれらを分析することが可能である。よって、ピペット先端の製造バラツキは、培養プレートにおける試料を打ち抜くときの位置決め精度にほとんど影響を与えない。

【0040】

さらに発明の範囲内には、位置決定スペースにおける対象物の空間座標を決定するためのシステムがあり、ここで、該システムは、発明による位置検出器及びさらに評価ユニットを備える。画像センサ及び評価ユニットは、画像データ搬送のために動作可能に接続されている。システムは、さらに、対象物の空間座標を決定するために発明による方法を実行するように構成される。例えば、評価ユニットは、ロボットシステムの制御コンピュータによって形成することができる。評価ユニットはまた、位置検出器から離れた位置に配置することができる。画像データは、例えば、有線あるいは無線のコンピューター・ネットワークを介して送信することができる。

【図面の簡単な説明】

【0041】

本発明の実施形態例は、図面を使用して、より詳細に説明される。

【図1】図1は、発明による位置検出器の概略断面を示す。

【図2】図2は、位置検出器の実施形態の概略断面を示す。

【図3】図3は、位置検出器の実施形態の概略断面を示す。

【図4】図4は、対象物の空間座標を決定するシステムの概略を示す。

【図5】図5は、対象物の空間座標を決定する方法の变形に関するフローチャートを示す。

【図6】図6のa)－c)は、位置検出器の位置決定スペースにおける異なる位置でのピペット先端の画像記録を示し、図6のd)－f)は、ピペット先端のそれぞれの位置を説明する概略断面を示す。

【図7】図7は、位置検出器の実施形態の斜視図を示す。

【図8】図8は、発明による位置検出器を有するロボットシステムを示す。

【図9】図9は、ハウジングへの視野と共に図7による実施形態の斜視図を示す。

【図10】図10は、図9に示すような実施形態による断面を示す。

【発明を実施するための形態】

【0042】

図1は、発明による位置検出器30の概略の横断面を示す。画像センサ4及びレンズ5を有するカメラ3は、カメラの前に撮像領域10を形成する。ミラーとしてここに示された第1光偏向素子1は、カメラによって直接撮像することができる撮像領域10に位置する。第1光偏向素子1は、対象物の位置を決定（測定）可能な位置決定スペース13へ第1の視野11を形成する。カメラから、位置決定スペース13への第2の（別の）視野12がある。ここでは位置決定スペース13の直接視野を示している。第1の視野11及び第2の視野12は、位置決定スペースのそれらの視野方向が異なる。カメラ3及び光偏向素子1のこの配置では、位置決定スペースにおける第1及び第2の画像が、第1視野11及び第2視野12から画像センサ4において同時に生成可能である。

【0043】

図2は、位置検出器30の実施形態を示す。この実施形態では、第1光偏向素子1及び第2光偏向素子2がカメラ3の撮像領域10に配列されている。第1視野11及び第2視野12の両方は、偏向された光ビームによって形成される。2つの視野は、位置決定スペース13を含む重なり領域14においてオーバーラップする。カメラ3は、光軸15を形成する。示された配置において、光偏向素子1、2、及び視野11、12は、光軸に対称的に配置される。

【0044】

図3は、位置検出器30の概略横断面を示し、これは、カメラ3囲むハウジング9、第1光偏向素子1、第2光偏向素子2、及び位置決定スペース13をさらに備える。ハウジング9は、遮光性の壁を有してもよい。さらに、この図では、位置決定スペースには対象物20が存在する。この対象物から出る光ビームは、第1及び第2の光偏向素子で偏向されカメラレンズ5に入射する。この光ビームは、細線によって示されている。さらに、この実施形態では、光源6、6'が配置されている。第1拡散素子7は、位置決定スペース13に対して第1光偏向素子1の反対側に配置されている。光源からの光は、拡散素子によって拡散的に散乱される。拡散素子は、例えば、粗い表面を有するガラス枠あるいは多孔性のプラスチックブロックであることができる。よって対象物20は、一種の陰影像としてカメラの画像センサに投影される。対称的に、第2拡散素子8が存在し、これは、第2光偏向素子に関して対応の役割を行う。開口部は、光源あるいは拡散素子からの直接光からカメラレンズを遮蔽する。全体の配置は、カメラの光軸に本質的に対称的である。

【0045】

図4は、対象物20の空間座標の決定（測定）用のシステム40の略図を示す。システム40は、位置検出器30及び評価ユニット41を備える。二重線で象徴的に表したものは、位置検出器から評価ユニットまでの画像データの伝送用のアクティブな接続である。画像データは、例えばUSBケーブルを介して、例えば直列又は並列インターフェイス用のケーブルを介して、伝送することができる。画像データを伝送するためのアクティブな接続はまた、無線接続、例えばWiFi接続、であることができる。示した図では、位置検出器は、対象物20を少なくとも部分的に挿入することができる位置決定スペース13へのアクセス開口を有する。該システムは、例えば、図5におけるフローチャートによる発明による方法を実行するように構成される。評価ユニットは、例えば、マイクロプロセッサ、及び上記方法を実行するためのソフトウェアがロードされたワーキングメモリを含んでいる。評価ユニットはまた、カメラに直接装着することができる。この場合、カメラは、位置検出器が装着可能である全体システムの制御コンピュータに、既に解明したデータを渡すだけ、ということが可能である。このような完全なシステムは、例えばロボットシステム、特にペット操作ロボットシステム、であることができる。

【0046】

図5は、対象物の空間座標を決定（測定）するための、発明による方法100のフローチャートを示す。該方法は、

a) カメラに対して対象物の少なくとも一部を位置決めすること（101）、

b) カメラの画像センサに対象物の少なくとも2つの画像を生成すること（102）、
ここで画像の少なくとも1つは、対象物の反射によって生成され、少なくとも2つの画像

10

20

30

40

50

は、異なる視野方向（見る方向）から対象物を再生する、

c) 少なくとも2つの画像から対象物の空間座標を決定すること（103）、
 のステップを備える。ある実施形態では、ステップ103は、以下のサブステップ、
 c1) ステップb) で取得した画像から第1画像を評価すること（104）、ここでは、
 画像内の対象物における第1の水平-垂直位置（H1、V1）が決定される、
 c2) ステップb) で取得した画像記録から第2画像を評価すること（105）、ここ
 では、画像内の対象物における第2の水平-垂直位置（H2、V2）が決定される、
 c3) 第1及び第2の水平-垂直位置の関数として、対象物の空間座標を計算すること
 （106）、
 を備える。

10

【0047】

デカルト座標 x 、 y 、 z では、最後の計算ステップは、
 $x = F_x (H1, H2, V1, V2)$ 、
 $y = F_y (H1, H2, V1, V2)$ 、
 $z = F_z (H1, H2, V1, V2)$
 として表わすことができる。

【0048】

数学関数 F_x 、 F_y 、 F_z は、カメラ及び光偏向素子の相互の配置と共に、カメラの撮
 像特性に依存する。例えば、 X 軸が画像センサの水平軸と平行であり、 Z 軸が画像センサ
 の垂直軸と平行であり、 Y 軸がカメラの光軸と平行である配置においては、座標は、ほぼ
 以下のように、

20

$x = a_x (H1 + H2) / 2$ 、
 $y = b (H1 - H2)$ 、
 $z = a_z (V1 + V2) / 2$ 、
 計算することができる。

ここで、 a_x 、 a_z 、及び b は、使用される単位（例えばミリメートル／画素）及び撮
 像スケールの変換を考慮した係数である。単純な場合では、撮像スケールは、水平及び垂
 直方向において同じであり、 $a_x = a_z = a$ が適用される。他の項は、座標のゼロ点を修
 正する、あるいはカメラから対象物までの距離により変化する撮像スケールを考慮するこ
 とができる。その後の座標軸の数学的な回転、又は座標の、例えば円筒座標系あるいは球
 座標系の座標への変換もまた可能である。

30

【0049】

図6は、図6のa) から図6のc) において、位置検出器の位置決定エリアにおける異
 なる位置でのピペット先端の画像記録を示す。図6のd) から図6のf) では、右側の隣
 接する図によるピペット先端のそれぞれの位置を示すために、それぞれの場合における概
 略の断面が示されており、即ち、図6のd) 等は、図6のa) 等における図に対する位置
 を示している。

図6のa) から図6のc) による画像記録において、第1及び第2の光偏向素子、ここ
 では平面ミラーで拡散素子によってそれぞれ照明されている、は、画像の左、右半分にお
 いて白色にて見ることができる。異なる視野方向下で2つの半分の画において見ることが
 できるピペット先端は、尖ったエッジを有する黒色の陰影像として示されている。これが
 第1及び第2の画像であり、その各々は、偏向された光ビームによって生成される。ピペ
 ット先端における第3の不鮮明な画像は、図6のa) 及び図6のb) の画像記録の中央で
 暗いゾーンの領域において見ることができ、図6のc) では、右にオフセットして見るこ
 とができる。これは、直接に撮像されたピペット先端であり、カメラレンズが、ミラーに
 おける仮想画像への距離に対応する距離で合焦されることから、合焦状態ではない。図6
 のa) の端には、画像記録の水平全方向 H 及び垂直方向 V が描かれており、これは他の2
 つの画像記録にも該当する。図6のa) から図6のc) の全ての図において、ピペット先
 端の水平の位置は、第1及び第2の画像において垂直な点線によって示されている。画像
 の下側エッジにおいて、2つの各水平位置の一つの中心が黒丸で示されている。更に、2

40

50

つの水平位置間の距離が、2つの矢印によって示されている。図6のa)及び図6のd)は、基準位置におけるピペット先端を示す。図6のb)及び図6のe)は、基準位置からカメラの方へ移動した後のピペット先端を示す。即ち、図6のe)において基準位置は、点線の丸印で示されている。2つの画像において見ることができるピペット先端は、それらの水平位置に関して、より大きな距離を有している。この距離は、第3の空間次元についての情報を含んでおり、これは、カメラからの距離に対応し、図6のd)による座標系におけるy-方向に対応する。図6のc)及び図6のf)は、それぞれ、さらに右へ及びx-方向へピペット先端がシフトした後のピペット先端を示している。この変位は、図6のc)の底部において単純な矢印によって示されるように、ピペット先端の水平位置の中心の右へのシフトによって示されている。また、ピペット先端の直接の不鮮明な画像も、右に移動している。第3の座標方向のz-方向は、x-方向及びy-方向と共に、右回りのデカルト座標系を形成する。ここに示す配置では、z-方向は、画像センサの垂直方向と平行に配向され、画像記録におけるV-位置から直接読むことができる。ここに示す画像記録のシーケンスでは、ピペット先端のz-位置は、変更されなかった。全ての画像記録において、それは垂直方向Vのおよそ半分の高さである。

【0050】

図7は、位置検出器30の実施形態における斜視図を示す。この場合、位置検出器30は、上部壁においてアクセス開口19を有する実質的に立方形のハウジング9を備える。平面ミラーの形態における第1光偏向素子1は、アクセス開口を通して見ることができる。アクセス開口19を通して、対象物は、位置検出器の位置決定スペースへ導入することができる。示した位置検出器は、長方形の対象物の先端の位置を測定するのに適している。ハウジング9へ壁を通り導かれるケーブル18は、位置検出器の電源用及びデータ伝送用のラインを含む。

【0051】

図8は、位置検出器30を有するロボットシステム50を示す。示されたロボットシステムは、ピペット操作ロボットシステムであり、これは、図の左上隅に座標系の矢印によって表された3つの座標方向x、y及びz方向にピペットを移動することができる。位置検出器30によってその位置が決定可能である対象物20は、ピペット操作ロボットのピペットである。ピペット操作ロボットは、ピペット先端を移動し位置決めするためのリニア軸を含んでいる。ピペットは、フレキシブルホースを介してピペット操作ロボットのポンプユニット（ここでは不図示）に接続される。示された図では、ピペット先端は、位置検出器のアクセス開口の真上に位置し、次に、例えば、z-方向にピペットを移動することによって、位置決定スペースへ降下することができるだろう。ウエルプレート51は、リニア軸の動く範囲内でピペット操作ロボットシステムの作業面に配置される。本発明によれば、ウエルプレート51において個々のウエルが接近可能な精度は、ピペット先端についての3D位置情報に基づいて、著しく増すことが可能である。図示の理由で、ここでは、4×6のウエルを有するウエルプレートのみが示されている。ウエル位置への接近における精度は、同じ表面に非常に多くの数のウエル、例えば8×12ウエル、16×24ウエル、あるいは32×48ウエル等、を有する同じサイズのウエルプレートが使用されるときに、特に重要である。

【0052】

図9は、位置検出器30の実施形態を斜視図において示している。位置検出器は、図3に示す実施形態において既に述べた各要素を有する。ハウジング9は、この図に関してのみ透明で示され、その結果、ハウジング内の各要素の配置を見ることができる。この実施形態における光源は、カメラの正面に直接装着され、図9では直接見えない。光偏向素子1、2は、ここでは平面ミラーである。2つの平面ミラーは、各々、カメラの光軸に垂直な直線において交差する、第1及び第2の平面を形成する。2つのミラーは、各々、本質的にカメラ3の撮像領域の半分を満たす。ハウジングにおけるアクセス開口19は、位置検出器30の位置決定エリアへ対象物あるいは少なくとも対象物の一部を挿入することを可能にする。カメラは、ケーブル18を介して電力供給及び画像データ伝送のためケーブ

ル接続を有する。ベースプレートは、光偏向素子1,2、拡散素子7,8、及び遮蔽要素17を支持し、位置検出器内のそれらの正確な位置を決定する。位置検出器内のカメラの配向を調節するための手段31は、ベースプレートの上方突起部へ螺合される六角穴付ねじとして形成され、カメラ3の基部をその端で押す。図の右下の隅に見ることができる六角穴付ねじ、及び反対側における反対ねじ（counteracting screw）により、位置検出器のベースプレートに対するカメラの正確な位置を調節することができる。つまり、手段31が、位置検出器の他の要素に対するカメラの配向の微細な調整を可能にする。

【0053】

図10は、図9による位置検出器30の実施形態の横断面を示す。横断面平面は、水平に延在し、ハウジングのカバープレートの直下に位置する。その結果、ハウジング9の4つの外側面は交差し、ハウジングの内側に位置する位置検出器の各要素の平面図であることができる。カメラ3の基部における2つの側面から作用する、カメラの配向を調節するための手段31をはっきりと見ることができる。光偏向素子1,2、拡散素子7,8、及び遮蔽要素17は、位置検出器の不図示の中心平面に対して鏡面对称的に配列される。ここで、中心平面は、横断面平面に垂直である。光偏向素子1、2は、ここでは平面ミラーであり、開口角度 α を有する空間部分を形成する。位置決定スペース及びカメラもまた、この空間部分に位置する。示された $\alpha = 133^\circ$ の場合、即ち、ミラーの法線は、中心平面に対してそれぞれ 23.5° にて傾斜している（ $\alpha = 180^\circ - 2 * 23.5^\circ$ ）。

開口角度を有する空間部分における位置決定スペース13のおおよその位置は、点線の円によって示されている。この空間部分における位置決定スペース13の正確な位置は、アクセス開口19によって示された実施形態（図9においてのみ示される）において決定される。ここに示された配置では、図2に示された状態に対応する第1及び第2の視野、並びに、図3に示される状態に対応するビーム経路が存在する。

【0054】

位置検出器の特性及び要素に戻り、以下の特徴は、発明による位置検出器において実施されてもよい。

カメラレンズの焦点距離は、調整可能であることができる。例えば、カメラの画像センサは、600キロ画素あるいはこれを超える画素の分解能を有することができる。サブピクセル分解能は、画像処理ソフトウェアを使用して、対象物の撮像されたエッジにおける不鮮明な領域を評価することにより達成することができる。例えば、画像センサは、白黒画像用に設計することができる。例えば、画像センサはまた、赤－緑－青（RGB）画像を生成するように設計することができる。位置検出器は、例えば、約5cm×21cmの表面領域において組み立てることができる。よって、ロボットシステム内で必要なスペースは、非常に小さくなる。この寸法では、位置決定エリアの視野（FOV）は、約2cmの大きさである。決定された空間座標での10マイクロメートルの解像度は、600キロ画素あるいはこれを超える画素のカメラ分解能で達成することができる。位置検出器は、外部から指定された座標に対する位置検出器の配向の調節、特に微細調節用の手段を有することができる。位置検出器は、位置検出器の他の要素に対するカメラの配向の調整、特に微細調整用の手段、例えば光偏向素子に対するあるいはハウジングに対する配向の調整用の手段を代替的にあるいは追加的に有してもよい。

【符号の説明】

【0055】

- 1 第1光偏向素子、
- 2 第2光偏向素子
- 3 カメラ、
- 4 画像センサ、
- 5 レンズ、
- 6、6' 光源、
- 7 第1拡散素子、
- 8 第2拡散素子、

- 9 ハウジング、
- 10 撮像領域、
- 11 第1視野、
- 12 第2視野、
- 13 位置決定領域、
- 14 重なり領域、
- 15 光軸、
- 16 光ビーム（光源の）、
- 17 遮蔽要素、
- 18 ケーブル、
- 19 アクセス開口、
- 20 対象物、
- 30 位置検出器、
- 31 配向設定手段、
- 40 空間座標を決定するシステム、
- 41 評価ユニット、
- 50 ロボットシステム、
- 51 ウェルプレート、
- 100 位置検出器の位置決定スペースにおける対象物の空間座標を決定する方法、
- 101 対象物を位置決めする方法ステップ、
- 102 画像記録を生成する方法ステップ、
- 103 対象物の空間座標を決定する方法ステップ、
- 104 第1画像の評価の方法ステップ、
- 105 第2画像の評価の方法ステップ、
- 106 対象物の空間座標を計算する方法ステップ、
- α 開口角度（位置決定スペースを含む空間部分の）、
- H 水平方向（画像記録における）、
- V 垂直方向（画像記録における）、
- x x-方向（デカルト座標系の）、
- y y-方向（デカルト座標系の）、
- z z-方向（デカルト座標系の）。

10

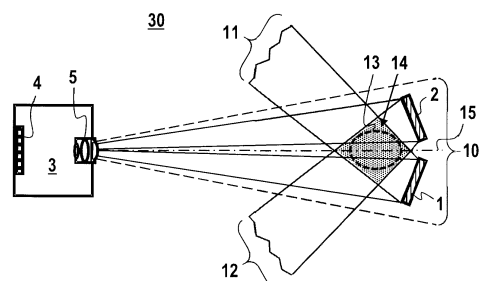
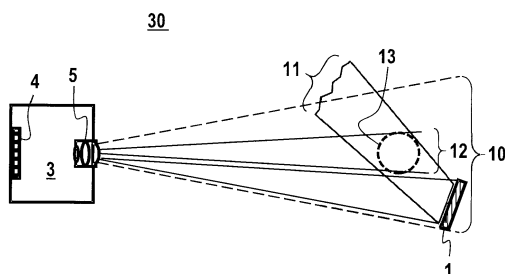
20

30

【図面】

【図1】

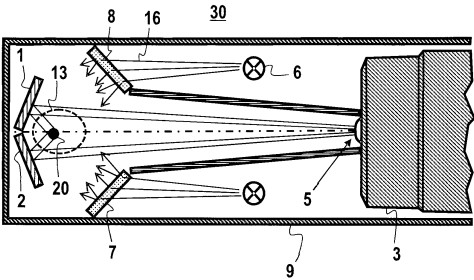
【図2】



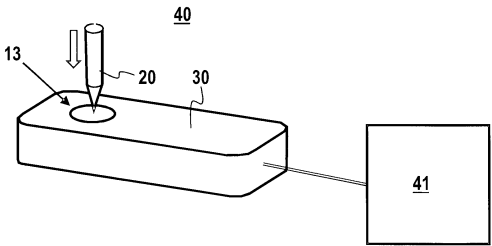
40

50

【図 3】

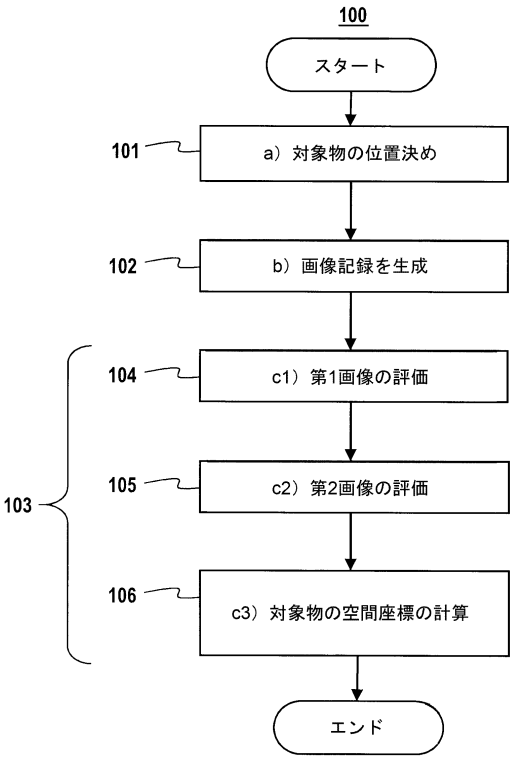


【図 4】

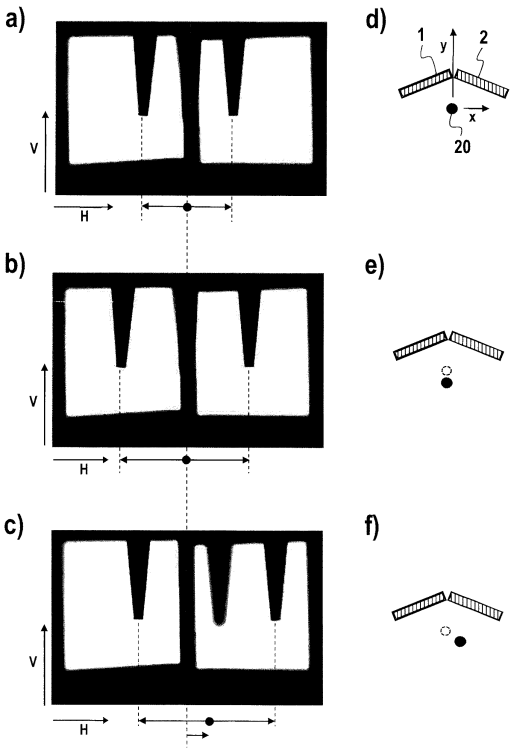


10

【図 5】



【図 6】



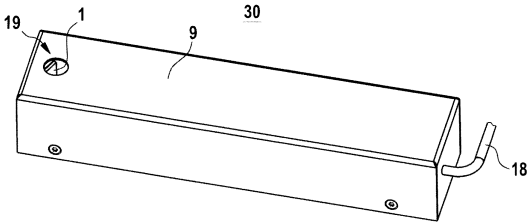
20

30

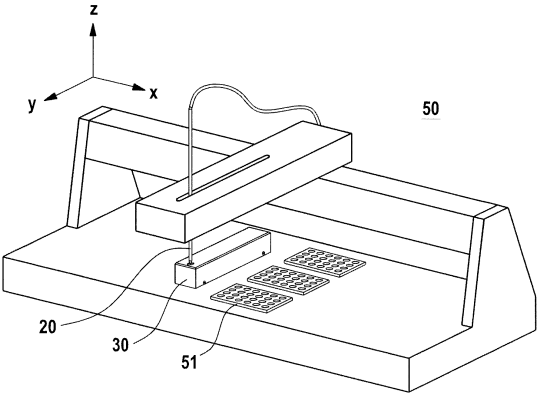
40

50

【図 7】

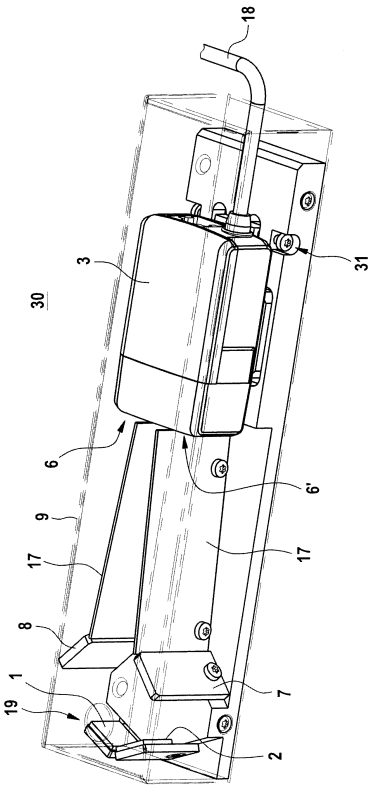


【図 8】

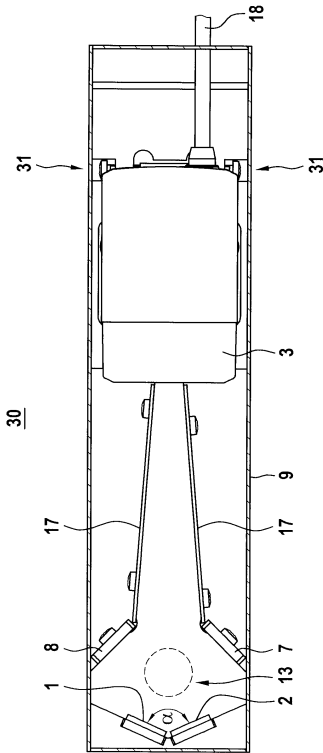


10

【図 9】



【図 10】



20

30

40

50

フロントページの続き

ラントシュトラセ 9 6 番
(72)発明者 クラウディオ・モンティ
スイス 8 7 0 7 ウエーティコン・アム・ゼー、エルトロッテンシュトラセ 3 1 番
審査官 多田 達也
(56)参考文献 特開平 0 7 - 2 1 8 2 3 6 (J P , A)
特表 2 0 1 1 - 5 1 9 0 2 9 (J P , A)
(58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)
G 0 1 B 1 1 / 0 0 - 1 1 / 3 0