

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5260175号
(P5260175)

(45) 発行日 平成25年8月14日 (2013. 8. 14)

(24) 登録日 平成25年5月2日 (2013. 5. 2)

(51) Int. Cl. F I
GO 1 B 11/24 (2006. 01) GO 1 B 11/24 K
GO 1 C 3/06 (2006. 01) GO 1 C 3/06 1 4 O
GO 1 B 11/00 (2006. 01) GO 1 B 11/00 H

請求項の数 19 外国語出願 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2008-204958 (P2008-204958)
(22) 出願日 平成20年8月8日 (2008. 8. 8)
(65) 公開番号 特開2009-58503 (P2009-58503A)
(43) 公開日 平成21年3月19日 (2009. 3. 19)
審査請求日 平成23年4月28日 (2011. 4. 28)
(31) 優先権主張番号 07114173.3
(32) 優先日 平成19年8月10日 (2007. 8. 10)
(33) 優先権主張国 欧州特許庁 (EP)
(31) 優先権主張番号 11/837341
(32) 優先日 平成19年8月10日 (2007. 8. 10)
(33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 501116608
ライカ ジオシステムズ アクチェンゲゼ
ルシャフト
Leica Geosystems AG
スイス国 ヘールブルグ シーエイチー9
435 ヘインリッヒウィルドーシュト
ラッセ
Heinrich-Wild-Stras
se, CH-9435 Heerbru
gg, Switzerland
(74) 代理人 100061815
弁理士 矢野 敏雄
(74) 代理人 100099483
弁理士 久野 琢也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 非接触で対象表面の座標を測定する測定方法および測定システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

それぞれ深さ情報の成分を有する複数の第一の画素 (i_1) を含む第一の3次元画像 (P_1) を測定する素子を、単一のハウジング内に備える単一の装置である3次元画像記録装置 (3) を使用して、対象物体 (1) の対象表面 (2) を対象物体座標系 (O) について計測する、非接触による座標の測定方法であって、

上記対象表面 (2) の第一の区域 (S_1) の上記第一の3次元画像 (P_1) を、第一の位置 (x_1, y_1, z_1) と方向 ($\psi_1, \omega_1, \kappa_1$) について、上記3次元画像記録装置 (3) によって電子的に測定し、

上記3次元画像記録装置 (3) の画像座標系 (B) における第一の3次元画像座標 (u_{1i}, v_{1i}, w_{1i}) のデータを、上記第一の画素 (i_1) に当てはめ、

上記対象物体座標系 (O) における上記3次元画像記録装置 (3) の上記第一の位置 (x_1, y_1, z_1) と方向 ($\psi_1, \omega_1, \kappa_1$) を、上記対象物体座標系 (O) に関係付けられた測定装置 (4 a, 4 b) により測定し、

上記対象物体座標系 (O) における上記第一の3次元対象物体座標 (x_{1i}, y_{1i}, z_{1i}) を、上記第一の3次元画像座標 (u_{1i}, v_{1i}, w_{1i}) および上記3次元画像記録装置 (3) の上記第一の位置 (x_1, y_1, z_1) と方向 ($\psi_1, \omega_1, \kappa_1$) のデータに基づいて、上記第一の画素 (i_1) に当てはめ、

上記3次元画像記録装置 (3) を、上記第一の位置 (x_1, y_1, z_1) と方向 ($\psi_1, \omega_1, \kappa_1$) から、少なくとも一つの他の位置 (x_2, y_2, z_2) と方向 ($\psi_2, \omega_2, \kappa_2$) に移動させ、

10

20

上記対象表面 (2) の少なくとも一つの他の区域 (S_2) の少なくとも一つの他の 3 次元画像 (P_2) を、上記他の位置 (x_2, y_2, z_2) と方向 ($\psi_2, \omega_2, \kappa_2$) に置かれた上記 3 次元画像記録装置 (3) によって電子的に測定し、

上記対象物体座標系 (O) における上記 3 次元画像記録装置 (3) の上記他の位置 (x_2, y_2, z_2) と方向 ($\psi_2, \omega_2, \kappa_2$) を、上記測定装置 (4 a, 4 b) により測定し、

上記対象物体座標系 (O) における他の 3 次元対象物体座標 (x_{2i}, y_{2i}, z_{2i}) を、上記他の 3 次元画像 (P_2) の上記他の 3 次元画像座標 (u_{2i}, v_{2i}, w_{2i}) および上記 3 次元画像記録装置 (3) の上記他の位置 (x_2, y_2, z_2) と方向 ($\psi_2, \omega_2, \kappa_2$) のデータに基づいて、上記他の 3 次元画像 (P_2) の他の画素 (i_2) に当てはめて、上記対象物体座標系 (O) における対象物体 (1) の対象表面 (2) の座標を得るようにしており、

10

上記測定装置は、調整可能な機械関節式の 3 次元座標測定アーム (4 a) の形態で構成され、上記測定装置は、

上記対象物体座標系 (O) に関連付けられている一端 (6) と、

上記一端 (6) と反対側の可動測定端 (7) と、

上記一端 (6) と上記可動測定端 (7) との間に配置され、上記可動測定端 (7) が第 1 の空間部分 (R 1) 内で移動自在になるように、複数のピボットジョイント (8) によって回転可能に互いに結合されている複数のアーム部 (9) と、

上記ピボットジョイント (8) のそれぞれの角度位置 (α) を測定するために、上記ピボットジョイント (8) に備えられた角度計測器 (10) と、

20

上記可動測定端 (7) は上記 3 次元画像記録装置 (3) に規定されるように連結され、
上記対象物体座標系 (O) における上記 3 次元画像記録装置 (3) の上記第一の位置 (x_1, y_1, z_1) と方向 ($\psi_1, \omega_1, \kappa_1$) および上記他の位置 (x_2, y_2, z_2) と方向 ($\psi_2, \omega_2, \kappa_2$) は、上記ピボットジョイント (8) の上記角度位置 (α) と上記アーム部 (9) の長さ (a) の情報とから決定され、

上記 3 次元座標測定アーム (4 a) 上の規定点が測定され、これにより、上記対象物体座標系 (O) に関連付けられている上記一端 (6) の現在の位置が規定されるとともに基準にされる、

ことを特徴とする非接触による座標の測定方法。

【請求項 2】

30

上記対象表面 (2) の上記第一の区域 (S_1) および上記少なくとも一つの他の区域 (S_2) を、部分的に重ね、

上記第一の 3 次元対象物体座標 (x_{1i}, y_{1i}, z_{1i}) を有する上記第一の 3 次元画像 (P_1) と、上記他の 3 次元対象物体座標 (x_{2i}, y_{2i}, z_{2i}) を有する上記少なくとも一つの他の 3 次元画像 (P_2) とを、結合 3 次元画像 (P_{1+2}) を与えるように結び付けることを特徴する請求項 1 記載の測定方法。

【請求項 3】

上記測定装置 (4 a, 4 b) が、上記 3 次元画像記録装置 (3) を保持する保持力から分離されていることを特徴とする請求項 1 あるいは 2 記載の測定方法。

【請求項 4】

40

上記 3 次元画像記録装置 (3) が、画像を測定している間、上記保持力を緩衝する保持装置 (11) により保持されていることを特徴とする請求項 3 記載の測定方法。

【請求項 5】

上記 3 次元画像記録装置 (3) に連結された上記可動測定端 (7) が、6 自由度で移動自在であることを特徴とする請求項 1～4 のいずれか 1 項記載の測定方法。

【請求項 6】

上記対象物体座標系 (O) における上記一端 (6) を、

上記第 1 の空間区域 (R_1) 内で上記第一の位置 (x_1, y_1, z_1) と方向 ($\psi_1, \omega_1, \kappa_1$) が測定されるような上記 3 次元画像記録装置 (3) によって、上記第 1 の区域 (S_1) の上記第 1 の 3 次元画像 (P_1) を測定するために、第 1 の地点 (A_1) に位置決めをし、そして

50

上記第2の空間区域 (R_2) 内で上記少なくとも一つの他の位置 (x_2, y_2, z_2) と方向 ($\psi_2, \omega_2, \kappa_2$) にある上記3次元画像記録装置 (3) によって、上記少なくとも一つの他の区域 (S_2) の上記少なくとも一つの3次元画像 (P_2) を測定するために、第2の地点 (A_2) に位置決めをする

ことを特徴とする請求項1～5のいずれか1項記載の測定方法。

【請求項7】

上記第1の地点 (A_1) を、上記対象物体座標系 (O) を基準にして、連結された上記一端 (6) が固定された第1の基礎アンカー (12) により規定し、

上記第2の地点 (A_2) を、上記対象物体座標系 (O) を基準にして、連結された上記一端 (6) が固定された第2の基礎アンカー (13) により規定し、

関節連結された上記3次元座標測定アーム (4a) を、上記第1の位置 (x_1, y_1, z_1) と方向 ($\psi_1, \omega_1, \kappa_1$) を規定する上記第1の基礎アンカー (12) と、上記少なくとも一つの他の位置 (x_2, y_2, z_2) と方向 ($\psi_2, \omega_2, \kappa_2$) を規定する上記第2の基礎アンカー (13) とによって、上記対象物体座標系 (O) に関連付ける

ことを特徴とする請求項6記載の測定方法。

【請求項8】

上記第1の地点 (A_1) および上記第2の地点 (A_2) を、上記対象物体座標系 (O) を基準にした光学基準レーザー測定装置 (14) によって光学的に測定し、

上記第1の位置 (x_1, y_1, z_1) と方向 ($\psi_1, \omega_1, \kappa_1$) を測定するため、そして、上記少なくとも一つの他の位置 (x_2, y_2, z_2) と方向 ($\psi_2, \omega_2, \kappa_2$) を測定するため、上記光学基準レーザー測定装置 (14) によって、関節連結された上記3次元座標測定アーム (4a) を上記対象物体座標系 (O) に関連付ける

ことを特徴とする請求項6記載の測定方法。

【請求項9】

上記測定装置が、上記対象物体座標系 (O) に関連付けられた光学レーザー装置 (4b)、特にレーザー追跡装置で形成され、

上記対象物体座標系 (O) における3次元画像記録装置 (3) の第1の位置 (x_1, y_1, z_1) と方向 ($\psi_1, \omega_1, \kappa_1$) を、上記3次元画像記録装置 (3) の間接あるいは直接の観測によって、上記レーザー測定装置 (4b) により非接触で測定する

ことを特徴とする請求項1～8のいずれか1項記載の方法。

【請求項10】

上記3次元画像記録装置 (3) が、3次元画像 (P_1) を生成するために、少なくとも二つの異なる測定角度からの第1の区域 (S_1) を測定する少なくとも二つの電子カメラ (3a, 3b, 3c) を備えていることを特徴とする請求項1～9のいずれか1項記載の方法。

【請求項11】

上記少なくとも二つの電子カメラ (3a, 3b, 3c) が、3次元画像記録装置 (3) の単一のハウジング内に互いに連結されて固定され、互いに固定された相対的光学的方向と距離とを有していることを特徴とする請求項10記載の方法。

【請求項12】

対象物体座標系 (O) について測量される対象物体 (1) の対象表面 (2) を非接触で座標を計測するための測定システムであって、

それぞれ深さ情報の成分を含む複数の第1の画素 (i_1) を有するよう構成され、そして、上記対象表面 (2) の第1の区域 (S_1) にある第1の3次元画像 (P_1) を電子的に測定し、画像座標系 (B) の上記第1の画素 (i_1) に対応する上記第1の3次元画像座標 (u_{1i}, v_{1i}, w_{1i}) を電子的に出力し、上記第1の3次元画像 (P_1) を測定する素子を備え、単一のハウジング内に納められた、単一の装置である3次元画像記録装置 (3) と、

上記対象物体座標系 (O) に関連付けられ、上記対象物体座標系 (O) について上記3次元画像記録装置 (3) の第1の位置 (x_1, y_1, z_1) と方向 ($\psi_1, \omega_1, \kappa_1$) を測定するよう構成された測定装置 (4a, 4b) と、

を備えており、

上記測定装置は、調整可能な機械関節式の３次元座標測定アーム（４ａ）の形態で構成され、上記測定装置は、

上記対象物体座標系（Ｏ）に関連付けられている一端（６）と、

上記一端（６）と反対側の可動測定端（７）と、

上記一端（６）と上記可動測定端（７）との間に配置され、上記可動測定端（７）が第１の空間部分（Ｒ１）内で移動自在になるように、複数のピボットジョイント（８）によって回転可能に互いに結合されている複数のアーム部（９）と、

上記ピボットジョイント（８）のそれぞれの角度位置（ α ）を測定するために、上記ピボットジョイント（８）に備えられた角度計測器（１０）と、

を有し、

上記可動測定端（７）は上記３次元画像記録装置（３）に規定されるように連結され、

上記対象物体座標系（Ｏ）における上記３次元画像記録装置（３）の上記第一の位置（ x_1, y_1, z_1 ）と方向（ $\psi_1, \omega_1, \kappa_1$ ）および上記他の位置（ x_2, y_2, z_2 ）と方向（ $\psi_2, \omega_2, \kappa_2$ ）は、上記ピボットジョイント（８）の上記角度位置（ α ）と上記アーム部（９）の長さ（ a ）の情報とから決定され、

上記３次元座標測定アーム（４ａ）は、上記対象物体座標系（Ｏ）に関連付けられている上記一端（６）の現在の位置を規定するとともに基準にするために測定される規定点を有し、

上記第１の３次元画像座標（ u_{1i}, v_{1i}, w_{1i} ）を上記３次元画像記録装置（３）から導出し、上記第１の位置（ x_1, y_1, z_1 ）と方向（ $\psi_1, \omega_1, \kappa_1$ ）を上記測定装置（４ａ、４ｂ）から導出し、上記対象物体座標系（Ｏ）における第１の３次元対象物体座標（ x_{1i}, y_{1i}, z_{1i} ）を、上記第１の３次元画像座標（ u_{1i}, v_{1i}, w_{1i} ）および上記３次元画像記録装置（３）の上記第１の位置（ x_1, y_1, z_1 ）と方向（ $\psi_1, \omega_1, \kappa_1$ ）の情報から、第１の画素（ i_1 ）に当てはめるように構成し、上記第１の画素（ i_1 ）と関連付けられた上記３次元対象物体座標（ x_{1i}, y_{1i}, z_{1i} ）を含む信号を出力する、データ処理装置と、を備えていることを特徴とする測定システム。

【請求項１３】

上記測定装置（４ａ、４ｂ）が、上記３次元画像記録装置（３）を保持している間に作用する保持力から分離されていることを特徴とする請求項１２記載の測定システム。

【請求項１４】

上記画像を測定中に上記３次元画像記録装置（３）を保持している間に作用する保持力を緩衝する保持装置（１１）を備えていることを特徴とする請求項１３記載の測定システム。

【請求項１５】

上記３次元画像記録装置（３）に連結された上記可動測定端（７）が、６自由度で移動自在であるよう構成されていることを特徴とする請求項１２～１４のいずれか１項記載の測定システム。

【請求項１６】

上記対象物体座標系（Ｏ）を基準にし、そして、機械関節式の上記３次元座標測定アーム（４ａ）を上記対象物体座標系（Ｏ）に関連付けるためのデータ処理装置（１５）への信号リンクを有する光学基準レーザー測定装置（１４）を備えていることを特徴とする請求項１２～１５のいずれか１項記載の測定システム。

【請求項１７】

上記測定装置が、レーザー追跡装置のような、上記対象物体座標系（Ｏ）に関連付けられた光学レーザー測定装置（４ｂ）として構成されており、

上記光学レーザー測定装置（４ｂ）が、上記対象物体座標系（Ｏ）における上記３次元画像記録装置（３）の上記第１の位置（ x_1, y_1, z_1 ）と方向（ $\psi_1, \omega_1, \kappa_1$ ）を、上記３次元画像記録装置（３）の間接あるいは直接の観測によって、非接触で測定し、データ処理装置（１５）に送信するように構成されている

10

20

30

40

50

ことを特徴とする請求項12～16のいずれか1項記載の測定システム。

【請求項18】

上記3次元画像記録装置(3)が、上記3次元画像(P_1)を生成するために、少なくとも二つの異なる測定角度からの上記第1の区域(S_1)を測定する少なくとも二つの電子カメラ(3a, 3b, 3c)を備えていることを特徴とする請求項12～17のいずれか1項記載の測定システム。

【請求項19】

上記少なくとも二つの電子カメラ(3a, 3b, 3c)が、上記3次元画像記録装置(3)の単一のハウジング内に互いに連結されて固定され、互いに固定された相対的な光学方向および距離を有していることを特徴とする請求項18記載の測定システム。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、請求項1および13に示すように、対象物体座標系で測定される対象物体の対象表面を非接触で座標の測定をする測定方法および測定システムとに関する。

【背景技術】

【0002】

近接範囲内の対象物体の表面を非接触で写真測量によって座標測定をするために、画像データを対象物体座標系に変換することにより、様々な視野図から対象物体を再現する画像を用いて対象物体の寸法が導かれる。この目的のために、画像データが、データ処理装置で処理される。座標計算の基になるのは、関連する画像のカメラ方向の測定である。

20

【0003】

先行技術から知られるように、単一のカメラによって、異なる視野から異なる時間で測定された対象物体の区域を測定し、いわゆる3次元画像を与えるように、画像処理システムによってそれぞれ2次元画像データを処理することができる。いずれの場合も、深さの情報を3次元画像の画素に含ませ、それにより、カメラとその視野から決定される画像座標系での3次元画像の座標が、検討されるそれぞれの画素、特に全ての画素に割り当てられる。異なる視野からの同じ画面を示す複数の2次元画像から3次元画像を生成するための異なる画像処理が、従来技術に開示されている。

【0004】

30

同様に従来技術から知られるように、一つのカメラによる異なる時間での異なる視野からの区域を測定する代わりに、複数のカメラで、実質的に同時の測定を実行することが可能である。これには、区域の3次元の測定がカメラを移動させることなく可能であり、複数のカメラが互いに相対的に固定された方向と距離を有することができ、それぞれのカメラの方向の測定をしないで済ませる両方の利点がある。

【0005】

先行技術は、それぞれ異なるが固定された相対視野からの画面を測定するための、共通のハウジング内にある、距離を離れて設けられた2つあるいは3つのカメラで構成された、別々の3次元画像記録装置を開示している。測定区域は、その画像を電子的に処理することができるような特有の画像の特徴を有しているので、その区域にマーキングを適用することができる。3次元画像記録装置からその区域上に投影する立体照明ビーム、特に、レーザービームによって、これらのマーキングが生成され、このビームは、光学的スクリーンあるいは光学的十字マークを投影するよう構成されている。通常、このような3次元画像記録装置は、事実上同時に測定された異なる視野からの複数の画像から3次元の画像を導く画像処理装置を備える。

40

【0006】

このような3次元画像記録装置は、例えば、Optigo(商標)およびOptiCell(商標)で知られており、正三角形に配置された3つのカメラを備えている、CogniTens(商標)の画像記録システムがあり、並べて配置された2つの高解像度CCDカメラと、測定される区域へ立体照明光を投影するプロジェクタとを備えるActiCM(商標)のシステムAdvent(商

50

標)がある。

【0007】

測定され記録された画像要素の座標の決定は、その画像内の基準マーキングによる方法として有効であり、そのマーキングから、実際の三次元座標の測定が実行される。ここで、測定された3次元画像に関連し、3次元画像記録装置に基づく画像座標系は、対象物体が存在し、例えば、対象物体のCADモデルに基づく対象物体座標系に変換される。ここでは、0.5ミリメートル未満の精度が、従来技術から公知の3次元画像記録装置で達成される。

【0008】

特に、区域内の深さスキャニングを実行し、点群を生成する3次元レーザースキャナの形での3次元スキャニングシステムは、もっと知られている。ここでは、レーザービームが一本ずつ区域をスキャンするシリアルシステムと、走査線がその区域全体を覆う並列システムと、区域内の多数の点を同時にスキャンし、その区域の深さの測定を実行するいわゆるRIMsまたは範囲イメージングシステムとの間に区別がある。方法として、これらのシステムのすべてに共通するのは、その区域全体を移動する、少なくとも1つの距離測定のレーザービームによって、深さのスキャニングが有効であることである。特に、このようなシリアルシステムは、たとえば、ライカHDS6000、ライカScanStation 2、トリンプルGX3 3Dスキャナ、ゾラー+フローリッヒIMAGER5003、ゾラー+フレーリッヒIMAGER5006の製品名称で、広く使われ、市販されている。

【0009】

すべての3次元画像記録装置の一つの問題は、必要とされる分解能で画像測定できる測定範囲が、設計から制限されることである。比較的大きな対象物体の3次元測定の場合、3次元画像記録装置の異なる位置と方向からの複数の個々の3次元測定をすることが避けられない。より大きな3次元の全画像を生成するために、測定区域内のマーキングの支援により、画像領域を重ねて、合わせることによって、多数のより小さな画像が組み合わせられる。この目的を達成するさまざまな方法が、従来例に開示されている。これらの方法の一般的な問題は、より大きな画像を得るために結合される個々の3次元画像が重複領域を有する必要があることである。少なくとも一つの基準点を有する第1の区域から、その第1の区域から距離が離れ、そして基準点を有しない第2の区域への、3次元画像記録装置の位置の不連続な変化は、たとえ二つの区域に結合された画像が測定されているとしても、画像処理装置によって対応することができない。したがって、測定し、結合した画像の処理をすることができるよう、離れた二つの区域を光学的に結合することが必要とされる。直接の測定内容を有しない多数の3次元画像を測定することによって、全体の測定法は遅くなり、メモリや計算リソースが消費されてしまう。また、小さな測定誤差と必然的に係る画像測定の座標測定は、多数の画像の結合、特にリモート基準点の場合での測定精度に非常に大きな影響を及ぼす。

【0010】

さらに、3次元画像記録装置が工業用ロボットのヘッドあるいは門形座標測定装置によって支持され、調整可能である測定システムおよび測定方法は、従来例より知られている。高品質で高解像度の3次元画像記録装置はときに10Kgを超えるため、画像測定の精度に適合した必要とされる精度を有する3次元画像記録装置の位置を正確に規定することは、不可能であり、これは、操作装置の安定構造を必要とし、3次元画像記録装置の使用範囲が固定システムに制限するからである。そのため、たとえば、車両の内部での使用は、複雑であるか、あるいは、不可能である。正確な3次元画像記録装置よりも非常に低い精度の測定のため、産業用ロボットは、外部基準として適していない。門形の座標測定装置は、重い負荷を支持するようには設計されておらず、高い機械的負荷の下では、基準に使用することができるような測定結果を得ることができない。この理由により、操作装置により得られ、3次元画像記録装置の絶対的および／または相対位置についての情報を与える任意の測定位置の値は、画像測定、特に、異なる、結合していない区域の複数の3次元画像の測定の基準のために使用することができない。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

本発明の目的は、したがって、避けられない測定すべき多数の基準マーキングを使用することなしに、対象物体座標系で測定される対象物体の対象表面を、非接触で、正確かつ迅速に座標測定することが可能な方法および装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0012】

この目的は、本発明の独立した請求項の特徴を実現することにより達成される。本発明の代替やさらに展開した特徴が従属の請求項に記載されている。

10

【0013】

本発明によるこの方法は、対象表面の区域の3次元画像を電子的に測定するために、公知の3次元画像記録装置を使用して実行される。この3次元画像記録装置は、3次元画像を測定するための、カメラ、レンズ、電子部品および／または距離測定器の要素を備える単一の装置である。特に、これらすべての要素は、3次元画像記録装置の単一のハウジング内に納められている。この3次元画像は、それぞれ深さ情報の成分が連結された多数の画素で構成されている。これらの画素は、使用される光学的測定素子、例えばCCDセンサの、垂直および水平分解能で生じる。このような3次元画像記録装置は、従来例から知られており、例えば、ブランド名Optigo（商標）とOptiCell（商標）で販売されて、単一のハウジングに正三角形に配列された3つのカメラを備えるCogniTens（商標）という画像記録装置や、同様に、並べて配置された二つの高解像度CCDカメラと、測定される区域に立体照明光を投影するプロジェクタとを備えたActiCM（商標）のシステムAdvent（商標）がある。このため、より詳しい説明を、ここでは省略する。

20

【0014】

カメラは、3次元画像記録装置の単一のハウジング内に互いに連結し固定し、このカメラが相対的な光学的な方向、すなわち互いに固定された相対的視野と距離とを有することが好ましい。

【0015】

この3次元画像記録装置は、第1の位置と方向に配置され、そこで測定される対象表面の第1の区域の第1の3次元画像が電子的に測定される。この3次元画像が、3次元画像記録装置によって、複数のカメラによって測定され、異なる視野からの第1の区域のマップを生成する複数の個々の画像から生成される。第1の3次元画像は、深さ情報の成分が、それぞれ連結している多数の画素から構成される。

30

【0016】

ステレオスコープを基にした複数のカメラを使用する代わりに、第1の3次元画像を測定するための3次元画像記録装置として、3次元スキャニングシステム、例えば、適切な3次元レーザースキャナを使用することが可能である。この3次元レーザースキャナは、上述のように、対応するシステムを用い、可動レーザービームによって第1の位置と方向から、区域をシリアルまたはパラレルか、または完全にパラレルにスキャンする。このレーザースキャニングシステムに加えるに、3次元レーザースキャナが、2次元画像を測定するために、画像カメラ、例えばCCDカメラを備えてもよい。カメラによって測定された画素の深さ情報は、レーザー距離測定器により得られる。3次元レーザースキャナは、第1の3次元画像を測定する全ての要素、特に、レーザー距離計、アクチュエータ、角度検出器、および光学カメラを、好ましくは1つのハウジング内に備える単一の装置である。

40

【0017】

第1の3次元画像が測定され、位置あるいは方向の避けられない変化なしに、単一の第1の位置と方向から生成される。3次元画像記録装置および測定された区域に関連する画像座標系における3次元画像座標は、3次元画像にある画素に割り当てられ、第1の区域を測定するために調べられる。たとえば、その座標は、その3次元画像内の画素の水平お

50

よび垂直位置と、３次元画像記録装置の測定面からの距離とで構成される。この割り当ては、例えば、３次元画像記録装置またはデータが伝送される外部のデータ処理装置によって実施される。

【００１８】

区域が測定され、および、測定される対象物体が固定された対象物体座標系内での３次元画像記録装置の第１の位置と方向は、測定装置による第１の３次元画像を測定する時刻で測定される。この測定装置は、対象物体座標系に結合されている。これは、測定されるその対象物体と、位置と方向の測定を実行する測定装置のベースが、測定プロセスの過程で、互いに結合され、３次元画像記録装置が、自身の可動性のために、そのベースと対象物体とに関して、結合されないことを意味している。表現を簡単にすると、測定装置のベースと対象物体が関連する共通の座標系は、たとえ対象物体が他の座標系、例えば、CADモデルで定義された座標系で測定されたとしても、対象物体座標系として扱われる。しかし、測定装置と対象物体の異なる座標系が、固定された共通の基準を有することが可能で、そのために結合され、あるいは、互いに結合することができる。

10

【００１９】

次のステップとして、対象物体座標系における第１の３次元対象物体の座標は、３次元画像座標および、３次元画像記録装置の第１の位置と方向の情報からそれぞれの画素に割り当てられる。この割り当ては、従来技術から知られた座標変換によって実行される。このように、３次元画像の座標は、外部の座標系、すなわち対象物体座標系に関連する。

【００２０】

20

本発明の利点は、３次元画像記録装置の位置と方向を測定する外部の測定システムのかたちで、対象物体座標に対する３次元画像座標の関係によって、画像の測定内の多数の基準点の使用を避けることが可能となることである。３次元画像記録装置が、第２の区域を測定し記録するために、第２の位置と方向に移動したとき、測定システムにより測定された第２の位置と方向で、第２の３次元画像を基準にする。画像処理によって先に測定された画像を基準にし、そこに現在のものをマーキングすることを省略することが可能となる。

【００２１】

第１の区域に第２の区域をリンクした中間の測定を作成しないで、対象物体の対象表面の二つ以上の非結合の区域を順に測定することができる。その結果、この測定方法はより迅速でかつ正確に実行することができる。データ処理装置によって、互いに重複し測定した複数の３次元画像をリンクさせ、それらを結合し、結合画面を与えることができる。各３次元画像の測定を外部の基準によることで、結合誤差無く、高精度な方法で実行することができる。

30

【００２２】

本発明のさらなる展開において、この測定装置は、３次元画像記録装置を保持している間に作用する保持力から実質的に切り離されている。これは、測定装置が、３次元画像記録装置を保持するためのいかなる保持力を受けない、したがって、３次元画像記録装置の重さによるねじれや曲げ力が測定装置に作用することがないことを意味する。その結果、３次元画像記録装置の位置と方向を規定している間の測定精度は非常に増大し、３次元画像記録装置の高い光学的測定精度に対応する。さらに、測定装置をコンパクトで可搬型に設計することが可能となる。特に、これは、不十分なアクセス可能空間内、例えば、自動車の車体内での測定に、３次元画像記録装置を使用するのに、利点となる。

40

【００２３】

この３次元画像記録装置は、画像の測定中、例えば、保持力を緩衝する保持装置によって保持される。この保持装置は、例えば、測定装置から分離された関節型の保持アームによって構成される。あるいは、３次元画像記録装置は、ハンドルにより、手で保持される。

【００２４】

本発明によると、測定装置は、調整可能な機械的関節型の３次元座標測定アームで構成

50

することが可能である。このような関節型の3次元座標測定アームは、従来技術から知られている。同等のシステムが、多関節アームまたはポータブルCMM（商標）の名称で、Romer社からSigma（商標）、Flex（商標）あるいはOmega（商標）として利用可能で、CimCore（商標）のInfinite（商標）あるいはStinger（商標）が利用可能である。

【0025】

関節式3次元座標測定アームは、大きな柔軟性、簡単な取扱、コンパクトなデザイン、低重量および可搬使用の可能性により特徴つけられる。関節式3次元座標測定アームに取り付けられた3次元画像記録装置によって、アクセスの悪い地域でも、曲げることができるので、関節式3次元座標測定アームのベースへ向かう線が直線にならずに、3次元画像の測定を行うことができる。したがって、外部座標系に高精度に関連付けることが、自動車の内部においても可能となる。

10

【0026】

さらに代替の実施例では、測定装置は、対象物体座標装置、特にレーザー追跡装置に結合された光学レーザー測定装置として形成される。対象物体座標系内の3次元画像記録装置の位置と方向が、非接触方式で、レーザー測定装置によって、3次元画像記録装置の間接または直接の観察により、測定される。この目的に適したレーザー計測装置は、たとえば、ライカ・ジオシステムズ（商標）のレーザー追跡装置T-Cam（商標）である。この装置は、プローブホルダT-Probe（商標）の位置と方向を光学的に決定し、このプローブホルダにおいては、6自由度の全てに高精度に3次元画像記録装置を配置することができる。このレーザー追跡装置T-Cam（商標）は、対象物体座標系に基準を置き、3次元画像記録装置の位置と方向を正確に測定することができる。使用に際し、この測定装置も、3次元画像記録装置の保持力から分離されている。たとえば、3次元画像記録装置は、関節式保持アームあるいは手によって保持することが可能である。

20

【実施例1】

【0027】

対象物体座標系0において測定される対象物体1の対象表面2を非接触で座標測定するための、図1に図示された測定システムおよび測定方法は、3次元画像記録装置を備えている。この3次元画像記録装置は、対象表面2の第1の区域 S_1 の第1の3次元画像 P_1 を電子的に測定するように構成されている。3次元画像記録装置3は、3つの電子カメラ3a、3b、3c（図2参照）を備え、この3つの電子カメラは、3次元画像 P_1 を生成するために、3つの異なった測定角度から第1の区域 S_1 を測定する。この3つの電子カメラ3a、3b、3cは、3次元画像記録装置3の単一のハウジング内に固定され、互いに固定的に結合され、互いに相対的に固定された光学的な距離と方向を有する。このようなシステムには、例えば、CogniTens（商標）のシステムOptigo（商標）がある。三次元画像記録装置3を用いて、対象表面2の第1の区域 S_1 の第1の3次元画像 P_1 が、第1の位置 x_1, y_1, z_1 と第1の方向 $\psi_1, \omega_1, \kappa_1$ について電子的に測定され、この第1の3次元画像 P_1 はそれぞれ深さ情報成分を含む多数の第1の画素 i_1 から構成されている。3次元画像記録装置3の画像座標系Bにおける第1の3次元画像座標 u_{1i}, v_{1i}, w_{1i} は、第1の画素 i_1 に割り当てられる。3次元画像記録装置3は、これらの第1の3次元画像座標 u_{1i}, v_{1i}, w_{1i} を電子的に出力する。

30

40

【0028】

対象物体座標系0における3次元画像記録装置3の第1の位置 x_1, y_1, z_1 と第1の方向 $\psi_1, \omega_1, \kappa_1$ は、この対象物体座標系0に結合された測定装置4aによって測定される。この測定装置は、調整可能な機械的関節式3次元座標測定アーム4aで構成され、たとえば、Romer社の製品名Sigma、Flex、あるいはOmegaに対応する。この関節式3次元座標測定アーム4aは、対象物体座標系0に固定された一端6および反対側の可動測定端7を有する。ピボットジョイント8により互いに旋回自由におよび／あるいは回転可能に結合された複数のアーム部9は、可動測定端7が第1の空間区域 R_1 （図2）内で移動自在になるよう、端部6、7の間に配置される。さらに、このピボットジョイント8に設けられた角度センサ10は、それぞれのピボットジョイント8の角度位置 α を測定するために備えられ

50

ている。可動測定端 7 は、3 次元画像記録装置 3 がこの測定端 7 に取り付けられるように、3 次元画像記録装置 3 と結合される。対象物体座標系 0 における 3 次元画像記録装置の第 1 の位置 x_1, y_1, z_1 および第 1 の方向 $\psi_1, \omega_1, \kappa_1$ は、ピボットジョイント 8 の角度位置 α およびアーム部 9 の固定あるいは柔軟な長さの情報から決定される。3 次元画像記録装置 3 に結合された可動測定端 7 は、6 自由度で可動である。関節式 3 次元座標測定アーム 4 a は、3 次元画像記録装置 3 の測定された第 1 の位置 x_1, y_1, z_1 と第 1 の方向 $\psi_1, \omega_1, \kappa_1$ を電子的に出力する。

【0029】

3 次元画像記録装置 3 の第 1 の 3 次元画像座標 u_{1i}, v_{1i}, w_{1i} および、3 次元画像記録装置 3 の第 1 の位置 x_1, y_1, z_1 と第 1 の方向 $\psi_1, \omega_1, \kappa_1$ は、関節式 3 次元座標測定アーム 4 a からデータ処理装置 15 に伝送される。

10

【0030】

データ処理装置 15 は、第 1 の 3 次元画像座標 u_{1i}, v_{1i}, w_{1i} および 3 次元画像記録装置 3 の第 1 の位置 x_1, y_1, z_1 と第 1 の方向 $\psi_1, \omega_1, \kappa_1$ の情報から、対象物体座標系 0 における第 1 の 3 次元対象物体座標 x_{1i}, y_{1i}, z_{1i} が第 1 の画素 i_1 に割り当てられるように構成されている。データ処理装置 15 は、この第 1 の画素 i_1 に割り当てられた第 1 の 3 次元対象物体座標 x_{1i}, y_{1i}, z_{1i} を含む信号を出力する。この信号は、コンピュータによってさらに処理され、モニター上に画像として光学的に表示され、あるいは、それ以降のさらなる処理のために測定される。

【0031】

20

この 3 次元画像記録装置 3 は、第 1 の位置 x_1, y_1, z_1 と第 1 の方向 $\psi_1, \omega_1, \kappa_1$ から図 1 に破線で示すように、第 1 の空間 R_1 内 (図 2) の別の位置 x_2, y_2, z_2 と別の方向 $\psi_2, \omega_2, \kappa_2$ に運ばれる。3 次元画像記録装置 3 が別の位置 x_2, y_2, z_2 と別の方向 $\psi_2, \omega_2, \kappa_2$ があるので、対象表面 2 の別の区域 S_1 の別の 3 次元画像 P_2 が、第 1 の位置と方向として電子的に測定される。対象物体座標系 0 における 3 次元画像記録装置 3 の別の位置 x_2, y_2, z_2 と別の方向 $\psi_2, \omega_2, \kappa_2$ また、いわゆる関節式 3 次元座標測定アーム 4a である測定装置 4a により、測定される。対象物体座標系 0 における別の 3 次元対象物体座標 x_{2i}, y_{2i}, z_{2i} は、別の 3 次元画像 P_2 の別の 3 次元画像座標 u_{2i}, v_{2i}, w_{2i} および 3 次元画像記録装置 3 の別の位置 x_2, y_2, z_2 と別の方向 $\psi_2, \omega_2, \kappa_2$ の情報から第 1 の画像測定の場合として、別の 3 次元画像 P_2 の別の画素 i_2 に割り当てられる。したがって、3 次元画像 P_1 と P_2 の両方を独立かつ高精度に外部基準にすることが実行される。

30

【0032】

また、第 1 の画像を測定する場合も同様に、対応する信号がデータ処理装置 15 に送信され、このデータ処理装置 15 は、データの処理の後、第 2 の画素 i_2 に割り当てられた第 2 の 3 次元対象物体座標 x_{2i}, y_{2i}, z_{2i} を含む信号を出力する。

【0033】

図 1 に示すように、第 1 の区域 S_1 と、対象表面 2 の別の区域 S_2 は、部分的に互いに重なり合う。第 1 の 3 次元対象物体座標 x_{1i}, y_{1i}, z_{1i} を有する第 1 の 3 次元画像 P_1 と別の 3 次元対象物体座標 x_{2i}, y_{2i}, z_{2i} を有する別の 3 次元画像 P_2 は、結合された 3 次元画像 P_{1+2} を与え、別の信号として出力するように、データ処理装置 15 によって電子的に結合される。

40

【0034】

この 3 次元画像記録装置 3 は、それぞれの位置と方向で画像を測定している間、保持力を緩衝する保持装置 11 により保持されている。この保持装置 11 は、図 1 に示すように、3 次元画像記録装置 3 上の保持部分で概略的にしめされている。保持装置 11 は、例えば、図示はされていない関節式保持アームで構成され、3 次元画像記録装置 3 をその位置に保持する。他の方法として、保持装置 11 は、3 次元画像記録装置 3 がその位置と方向に保持されるようなハンドルであってもよい。ここでは、比較的長い時間、位置と方向を一定に維持することはあまり重要ではなく、むしろ、画像を測定する時に、位置と方向が測定装置により高精度で測定されることである。

50

【0035】

保持装置11を用いて、測定装置4a、すなわち、関節式3次元座標測定アーム4aが、3次元画像記録装置3を保持している間に作用する保持力から分離される。このように、3次元画像記録装置3から関節式3次元座標測定アーム4aに曲げやねじりの力が作用しないので、このアームで高精度に測定することが可能となる。

【0036】

図2は、関節式3次元座標測定アーム4aの移動の自由範囲が3次元画像記録装置3の移動を許す範囲の空間区域 R_1 で測定できない別の区域 S_2 を測定するための、別の方法と、測定システムを図示している。したがって、関節式3次元座標測定アーム4aの位置の変更が必要となる。対象物体座標系0に結合された一端6は、第1の位置 x_1, y_1, z_1 と第1の方向 $\psi_1, \omega_1, \kappa_1$ が第1の空間区域 R_1 内で測定された3時限画像記録装置3によって、第1の区域 S_1 の第1の3次元画像 P_1 を測定するための第1の位置 A_1 に位置決めされている。この画像の測定は、図1に記載されているように、実行される。3次元画像記録装置3により別の区域 S_2 の別の3次元画像 P_2 を測定するため、結合する一端6を備える関節式3次元座標測定アーム4aは、第2の位置 A_2 に位置決めされ、それにより、3次元画像記録装置3を、第2の空間区域 R_2 内の別の位置 x_2, y_2, z_2 と別の方向 $\psi_2, \omega_2, \kappa_2$ に運ぶことが可能となる。この別の位置と別の方向は、別の区域 S_2 の測定を可能とする。この第2の画像の測定も、図1に記載されているように実行される。関節式座標測定アームをコンパクトで可搬型に設計することができるので、第1の位置 A_1 から第2の位置 A_2 への位置の変更が簡単な方法で可能である。

【0037】

第1の位置 A_1 は、対象物体座標系0で基準とされ、結合される一端6が取り外し可能に固定される第1のグラウンドアンカー12によって規定される。また、第2の位置 A_2 も、対象物体座標系0で基準とされ、結合される一端6が取り外し可能に固定される第2のグラウンドアンカーによって規定される。このように、第1の位置 x_1, y_1, z_1 と第1の方向 $\psi_1, \omega_1, \kappa_1$ を測定するための第1のグラウンドアンカー12により、そして、少なくともひとつの他の位置 x_2, y_2, z_2 と他の方向 $\psi_2, \omega_2, \kappa_2$ を測定するための第2のグラウンドアンカー13により、関節式3次元座標測定アーム4aを対象物体座標系0に結合することが可能となる。グラウンドアンカー12あるいは13は、通常、規定された機械的基準点、例えば機械的受け部および／あるいは光学的あるいは他の基準点、例えばマーキングあるいは磁場の基準点を意味するものとして理解される。

【0038】

その代わりに、またはグラウンドアンカー12、13の使用に加えて、光学基準レーザー測定システム14が設けられる。第1の位置 A_1 と第2の位置 A_2 は、対象物体座標系0で基準とされる光学基準レーザー測定システム14によって、光学的に測定される。関節式3次元座標測定アーム4aは、第1の位置 x_1, y_1, z_1 と第1の方向 $\psi_1, \omega_1, \kappa_1$ を測定するため、そして、少なくともひとつの他の位置 x_2, y_2, z_2 と他の方向 $\psi_2, \omega_2, \kappa_2$ を測定するための光学基準レーザー測定システム14によって、対象物体座標系0に結合されている。関節式3次元座標測定アーム上の規定された点を測定し、結合された一端6の現在の位置を基準にするレーザー追跡装置は、基準レーザー測定システム14として使用することが可能である。このタイプとして適切なレーザー追跡装置が、従来技術から知られている。

【0039】

図3は、図1の測定方法および測定システムの他の代替の実施例を示す。ここで、図1の関節式3次元座標測定システム4aの代替として、対象物体座標系0に結合された光学レーザー測定装置4b、特にレーザー追跡装置が、測定装置として使用されている。対象物体座標系0における3次元画像記録装置3の第1の位置 x_1, y_1, z_1 と第1の方向 $\psi_1, \omega_1, \kappa_1$ および、他の位置 x_2, y_2, z_2 と他の方向 $\psi_2, \omega_2, \kappa_2$ が、その3次元画像記録装置3を見ることによって、レーザー測定装置4bによる非接触方式で測定される。6自由度すべての測定に適しているレーザー計測装置は、例えば、ライカ・ジオシステムズのレーザ

一追跡システム“T-Cam”であり、それは、3次元画像記録装置3に結合され、6自由度全てに高精度に、受信機16“T-Probe”の位置と方向を光学的に測定する。レーザー測定装置4bを構成しているこのレーザー追跡装置“T-Cam”は、対象物体座標系0において基準とされ、3次元画像記録装置3の位置と方向を正確に測定することが可能である。この装置を使用するとき、測定装置4bは、3次元画像記録装置3の保持力から分離されている。この3次元画像記録装置3は、保持装置11、たとえば関節式保持アームあるいは手によって、保持される。

【図面の簡単な説明】

【0040】

【図1】測定装置としての関節式3次元座標測定アームおよび3次元画像記録装置の第1の位置と方向、他の位置と方向を有する、本発明による測定システムと測定方法を示す概略図である。

10

【図2】第1と第2の位置に位置決めされた関節式3次元座標測定アームを有する、本発明による測定システムと測定方法を示す概略図である。

【図3】測定装置として光学レーザー測定装置および3次元画像記録装置の他の位置と他の方向とを有する測定システムと測定方法を示す概略図である。

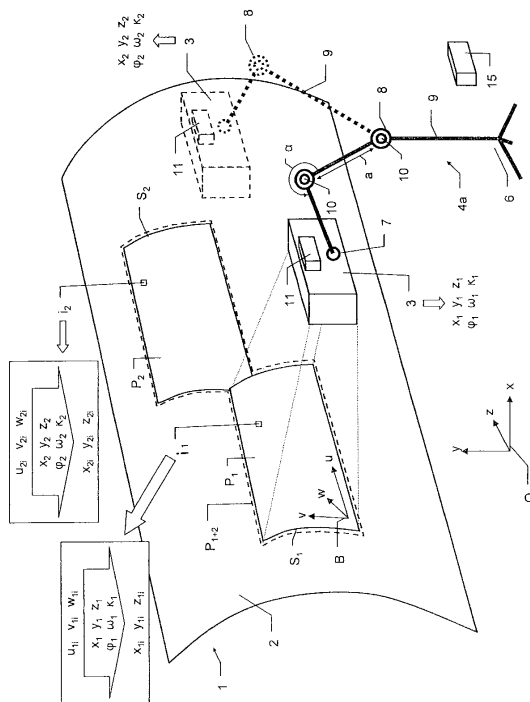
【符号の説明】

【0041】

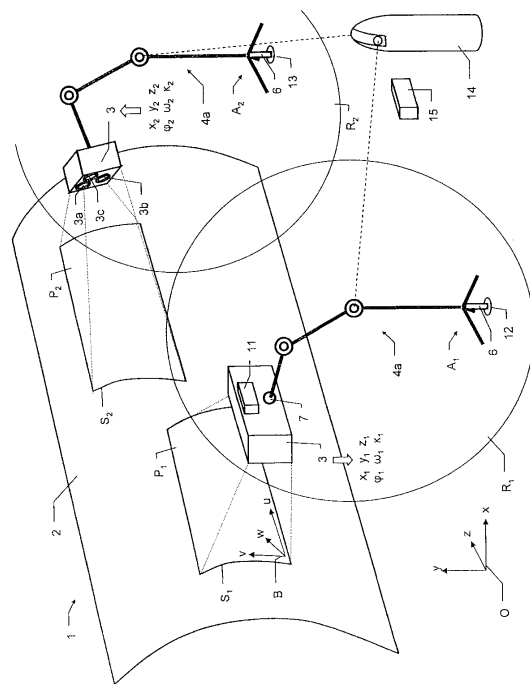
- 1 対象物体
- 2 対象表面
- 3 3次元画像記録装置
- 4 a, 4 b 測定装置

20

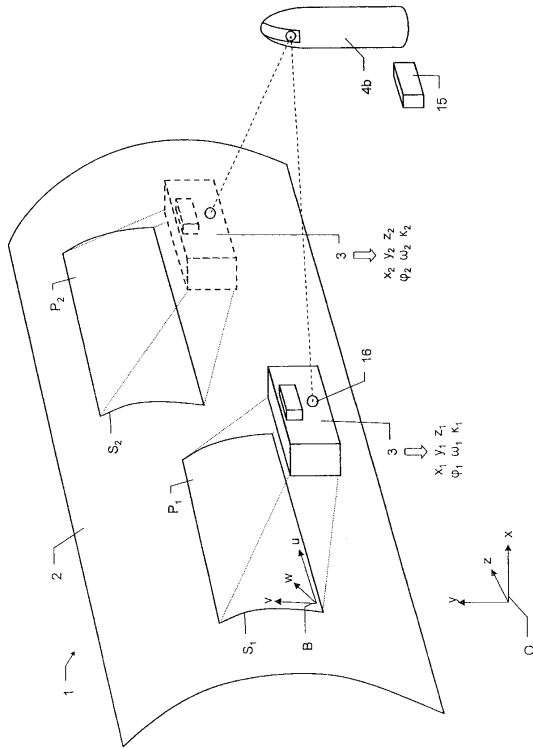
【図1】



【図2】



【図 3】



フロントページの続き

- (74)代理人 100112793
弁理士 高橋 佳大
- (74)代理人 100128679
弁理士 星 公弘
- (74)代理人 100135633
弁理士 二宮 浩康
- (74)代理人 100114890
弁理士 アインゼル・フェリックス＝ラインハルト
- (72)発明者 ボー ペータースン
イギリス国 エスダブリュー 14 7 ディージー ロンドン、コヴァル ガーデンズ 22
- (72)発明者 クヌート ズィールクス
スイス国 ツェーハー 9015 サント ギャレン、クロイツブルシュトラッセ 42
- (72)発明者 ベネディクト ツェプハオザー
スイス国 ツェーハー 9400 ロールシャハ、プロメナデンシュトラッセ 27

審査官 梶田 真也

- (56)参考文献 特開2004-191051 (JP, A)
特開平03-012709 (JP, A)
特開2000-180137 (JP, A)
特開平08-261745 (JP, A)
特開2004-333369 (JP, A)
特開2003-254709 (JP, A)
特開2007-147422 (JP, A)
特開平8-285587 (JP, A)
米国特許第4969108 (US, A)
米国特許出願公開第2003/0048459 (US, A1)
米国特許第5805289 (US, A)
米国特許出願公開第2003/0202089 (US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01B	11/00	—	11/30
G01C	3/00	—	3/32
B25J	1/00	—	21/02
G06T	1/00	—	1/40
G06T	3/00	—	5/50
G06T	9/00	—	9/40