

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年8月15日(15.08.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/166393 A1

(51) 国際特許分類:

G01C 15/00 (2006.01) G01B 11/00 (2006.01)
G01C 15/06 (2006.01)

(72) 発明者: 岡 弘之 (OKA Hiroyuki); 〒1120005 東京都文京区水道一丁目12番15号 東京ロボティクス株式会社内 Tokyo (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/004647

(22) 国際出願日: 2023年2月10日(10.02.2023)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

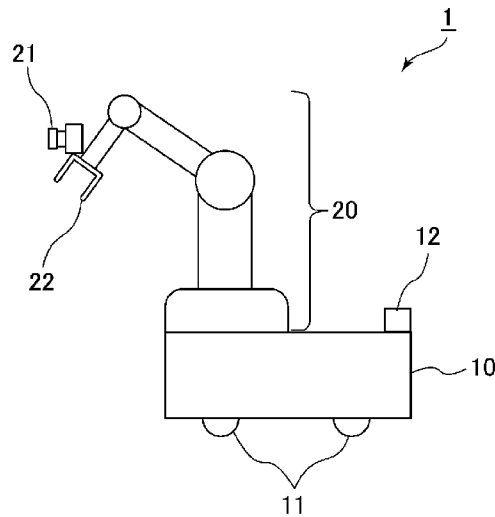
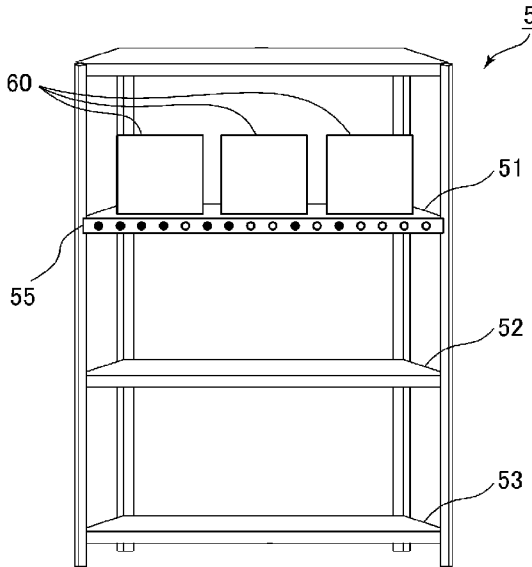
(74) 代理人: 飯塚 信市, 外 (IIZUKA Shinichi et al.); 〒1600022 東京都新宿区新宿一丁目11番13号 慶應堂御苑ビル4F 飯塚国際特許事務所内 Tokyo (JP).

(71) 出願人: 東京ロボティクス株式会社 (TOKYO ROBOTICS INC.) [JP/JP]; 〒1120005 東京都文京区水道一丁目12番15号 Tokyo (JP). ヤマハ発動機株式会社 (YAMAHA HATSUDOKI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒4388501 静岡県磐田市新貝2500番地 Shizuoka (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR,

(54) Title: INFORMATION GENERATION SYSTEM

(54) 発明の名称: 情報生成システム



(57) Abstract: Provided is an information generation system comprising: a one-dimensional marker configured by arranging two or more types of element shapes in a row, adjacent ones of the element shapes encoding unique position information in units of a predetermined number of element shapes; an imaging device that generates a specific recognition image by capturing an image of at least the predetermined number of the adjacent element shapes; and an information generation unit that generates three-dimensional position information indicating a relative positional relationship between

LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY,
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL,
PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,
SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

the imaging device and the one-dimensional marker in a three-dimensional space on the basis of the recognition image.

(57) 要約：2種以上の要素図形を一行に配置して構成され、隣り合う前記要素図形は所定個数単位で固有の位置情報をコードする、1次元マーカと、前記個数単位以上の隣り合う前記要素図形を撮像することにより、所定の認識用画像を生成する、撮像装置と、前記認識用画像に基づいて、前記撮像装置と前記1次元マーカとの間の3次元空間における相対的位置関係を示す3次元位置情報を生成する、情報生成部と、を備えた、情報生成システムが提供される。

明 細 書

発明の名称： 情報生成システム

技術分野

[0001] この発明は、撮像装置を用いて読み取り可能なマーカ、及びマーカを用いたシステム等に関する。

背景技術

[0002] 近年、マニピュレータを用いて所定の作業を行う移動ロボット（モバイルマニピュレータとも称される）について開発が進められている。このような移動ロボットによる作業の例として、倉庫の棚等に保管されているコンテナやケース等を取り出して搬送を行ったり、又は、搬送して来たコンテナやケース等を棚等に収納する作業等がある。

[0003] ところで、マニピュレータを用いて作業を実行するにあたっては、マニピュレータ又は本体部等に備えられたカメラを用いて作業対象に備えられたマーカを認識することで位置決めを行い、高精度に作業を実行することが行われることがある。

[0004] 例えば、特許文献1には、視覚センサにより試験管ラックの四隅に配置された2次元マーカのいずれかを撮像し、試験管ラックに存在する試験管の開口部の中心のセンサ座標系における位置情報を算出する技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2019-084645号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 従前、マーカを含む画像を処理して作業対象物等の位置情報を算出するにあたっては、直交する2方向に所定のパターンを配置することで大きな情報量をコードする2次元マーカが使用されていた。

[0007] ところで、２次元マーカを、カメラ等で認識可能な態様で配置するためには、作業対象物等が収納される棚等の表面に少なくとも２次元マーカに係る正方形を適当な大きさに配置できる程度の余白領域が必要となる。例えば、特許文献１の例では、試験管ラックの四隅に余白領域が設けられ、当該領域にそれぞれ正方形の２次元マーカが配置されている。

[0008] しかしながら、棚等の表面に常に２次元マーカを配置することができる程度の余白領域が存在するとは限らない。例えば、余白領域が帯状で細長く、かつ、余白領域の短辺の長さが２次元マーカの一辺の長さより小さい場合、その一部がはみ出してしまうため、２次元マーカを配置することは出来ない。

[0009] 本発明は、上述の技術的背景に鑑みてなされたものであり、その目的は、対象物上においてマーカの配置領域が限られる場面においても、マーカと撮像装置の間の高精度な位置決めを行うことにある。

課題を解決するための手段

[0010] 上述の技術的課題は、以下の構成を有する情報生成システム等により解決することができる。

[0011] すなわち、本発明に係る情報生成システムは、２種以上の要素図形を一列に配置して構成され、隣り合う前記要素図形は所定個数単位で固有の位置情報をコードする、１次元マーカと、前記個数単位以上の隣り合う前記要素図形を撮像することにより画像を生成する、撮像装置と、前記画像に基づいて、前記撮像装置と前記１次元マーカとの間の３次元空間における相対的位置関係を示す３次元位置情報を生成する、情報生成部と、を備えている。

[0012] このような構成によれば、長手方向にはマーカを配置することができる領域が存在するものの、長手方向と直交する方向にはそのような領域が存在しない帯状領域が対象物上に存在する場合に利用可能な１次元マーカを利用して、撮像装置とマーカの間の３次元空間における相対的位置関係を算出することができる。すなわち、このような構成によれば、対象物上においてマーカの配置領域が限られる場面においても、マーカと撮像装置の間の高精度な

位置決めを行うことができる。

[0013] 前記 1 次元マーカは、所定の物体に取り付けることが可能に構成されている、ものである。

[0014] このような構成によれば、マーカが取り付けられた所定の対象物と撮像装置との間で高精度な位置決めを行うことができる。

[0015] 前記要素図形は、等間隔に配置されている、ものであってもよい。

[0016] このような構成によれば、より容易にマーカを認識することができる。

[0017] 前記要素図形の仮想外接図形は、いずれも正方形であってもよい。

[0018] このような構成によれば、画像処理により要素図形の中心位置を算出することが容易となり、マーカの認識精度を向上させることができる。なお、この場合、要素図形は、例えば、正方形、円形等であってもよい。

[0019] 前記要素図形は、いずれも円形であってもよい。

[0020] このような構成によれば、画像処理により要素図形の中心位置を算出することが容易となり、マーカの認識精度を向上させることができる。

[0021] 前記要素図形は、全体が黒色の円である第 1 の図形と、中心が白色の黒色環状図形である第 2 の図形を含む、ものであってもよい。

[0022] このような構成によれば、要素図形に白と黒という色を用いることで、画像処理によるマーカの認識精度をさらに向上させることができる。

[0023] 前記撮像装置は、単眼カメラであってもよい。

[0024] このような構成によれば、コストを低減することができる。

[0025] 前記情報生成部は、前記画像に基づいて、前記 1 次元マーカの各前記要素図形の 3 次元位置と、前記 1 次元マーカの長手方向の軸の向きを算出することにより、前記 3 次元位置情報を生成する、ものであってもよい。

[0026] このような構成によれば、1 次元マーカを構成する要素図形を手掛かりに 3 次元位置情報を特定することができる。

[0027] 前記情報生成部は、前記 3 次元位置と前記軸の向きは、前記撮像装置に係る光学パラメータと、前記要素図形間の距離と、前記画像上の前記要素図形の画素位置に基づいて算出される、ものであってもよい。

- [0028] このような構成によれば、撮像装置の光学パラメータ、要素図形間の距離、及び画像上の画素位置を含む既知の情報を用いて、3次元位置情報を特定することができる。
- [0029] 前記撮像装置は、ステレオカメラであってもよい。
- [0030] このような構成によれば、視差情報等に基づいて、高精度に3次元位置情報を生成することができる。
- [0031] 前記情報生成部は、前記ステレオカメラを用いて取得された1組の画像に基づく視差情報を用いることにより、前記3次元位置情報を生成する、ものであってもよい。
- [0032] このような構成によれば、ステレオカメラの特性を利用して高精度に3次元位置情報を生成することができる。
- [0033] 前記情報生成システムは、さらに、移動可能に構成された、基部と、前記基部に取り付けられた、マニピュレータと、を備え、前記撮像装置は、前記マニピュレータに取り付けられている、ものであってもよい。
- [0034] このような構成によれば、マニピュレータを動作させることにより所望の位置・姿勢に撮像装置を配置することができる。
- [0035] 前記情報生成システムは、さらに、移動可能に構成された、基部と、前記基部に取り付けられた、マニピュレータと、を備え、前記撮像装置は、前記基部に取り付けられている、ものであってもよい。
- [0036] このような構成によれば、1次元マーカをベース近傍に配置することができる。
- [0037] 別の角度から見た本発明は、システムであって、2種以上の要素図形を一行に配置して構成され隣り合う前記要素図形は所定個数単位で固有の位置情報をコードする1次元マーカと、モバイルマニピュレータと、から成るシステムであって、前記モバイルマニピュレータは、移動可能に構成された、基部と、前記基部に取り付けられた、多関節マニピュレータと、前記多関節マニピュレータに取り付けられ、前記所定個数単位以上の隣り合う前記要素図形を撮像することにより画像を生成する、撮像装置と、前記画像に基づいて

、前記撮像装置と前記１次元マーカとの間の３次元空間における相対的位置関係を示す３次元位置情報を生成する、情報生成部と、を備えている。

発明の効果

[0038] 本発明によれば、対象物上においてマーカの配置領域が限られる場面においても、マーカと撮像装置間の高精度な位置決めを行うことができる。

図面の簡単な説明

[0039] [図１]図１は、モバイルマニピュレータと棚とを含むシステムの全体構成図である。

[図２]図２は、１次元マーカの説明図である。

[図３]図３は、目標となる物体を棚から取り出すときのモバイルマニピュレータの動作に関するゼネラルフローチャートである。

[図４]図４は、カメラを移動させた後のモバイルマニピュレータを示す概念図である。

[図５]図５は、カメラ、カメラに係る画像平面（Ｐ）、及び１次元マーカを構成する要素図形の関係性を表す説明図である。

[図６]図６は、座標系の変換に関する説明図である。

[図７]図７は、ステレオカメラにより要素図形を撮像する場合の原理図である（第２の実施形態）。

[図８]図８は、ピンホールカメラモデルを用いた要素図形の撮像原理図である（第２の実施形態）。

発明を実施するための形態

[0040] 以下、本発明の好適な実施の形態について添付の図面を参照しつつ詳細に説明する。

[0041] （１．第１の実施形態）

第１の実施形態として、モバイルマニピュレータ１が、棚５に取り付けられた１次元マーカ５５を認識して、高精度に棚板５１上の物体６０を取り出す作業（又はタスク）について説明する。なお、当業者には明らかなように、棚板５１上に物体６０を載置する場合も略同一の工程により実行すること

ができる。

[0042] 本実施形態においては、本発明をモバイルマニピュレータ 1 に対して適用した例について説明するものの、本発明は、カメラとマーカとの間の相対的位置関係を特定することが必要なあらゆる場面に適用することができる。そのため、他の種々の対象に対しても適用可能なことは勿論である。例えば、移動機能を備えないロボットや、マニピュレータを備えないロボットに対しても適用することができる。

[0043] (1. 1 システムの構成)

図 1 は、モバイルマニピュレータ 1 と棚 5 を含むシステムの全体構成図である。同図から明らかな通り、モバイルマニピュレータ 1 は、ベース 10 と、ベース 10 の天面に取り付けられた多関節のロボットアーム 20 と、を備えている。ベース 10 の底面には移動機構 11 が備えられ、ベース 10 の天面の後端には L i D A R ユニット 12 が備えられている。なお、図示しないベース 10 の内部には、情報処理装置が設けられ、モバイルマニピュレータ 1 の制御を行う。

[0044] 移動機構 11 は、本実施形態では、全方位移動機構である。この移動機構によりモバイルマニピュレータは自在な向きで移動することができる。本実施形態では、全方位移動機構として、オムニホイールを採用している。

[0045] なお、本実施形態においては、全方位への移動機構としてオムニホイールを採用するものの、本発明はこのような構成に限定されない。従って、メカナムホイール等、全方位移動を可能とする他の構成を採用してもよい。また、移動機構は、全方位移動機構に限定されない。従って、移動方位や方向が限定された他の移動機構（例えば、差動二輪機構によるライトレース等）を採用してもよい。さらに、地上を移動する機構に限定されず、天井から吊り下げられて移動する機構や飛行により空中を移動する機構であってもよい。

[0046] L i D A R ユニット 12 は、レーザー光を用いて周辺の物体までの距離や方向の検出を行うものであり、この L i D A R ユニット 12 を用いて環境中を自律的に移動することができる。なお、環境検出手段として、L i D A R

ユニット 12 を用いるものの、他のセンサユニットを利用してもよい。

[0047] ロボットアーム 20 は、複数の駆動関節を有しており、その先端部にはグリッパ 22 が備えられている。このような構成により、ロボットアーム 20 は、目標位置に対して自在な角度からリーチングを行って、グリッパにより物体 60 を把持又は解放することができる。

[0048] グリッパ 22 の近傍には、物体又は物体が載置される区画の認識、若しくは後述の 1 次元マーカ 55 の認識等に用いられるカメラ 21 が所定角度で設けられている。このカメラ 21 により 1 次元マーカ 55 の認識を行い後述の処理を行うことで、高精度の位置決めが可能となる。なお、本実施形態において、カメラ 21 は単眼カメラである。また、このカメラ 21 は、ベース 10 に取り付けられてもよい。

[0049] このような単眼カメラを備えた構成によれば、ステレオカメラ等に比してコストを低減することができる。

[0050] 図示しない情報処理装置は、CPU 等で成りプログラムの実行を行う制御部と、ROM、RAM、フラッシュメモリ等から成りプログラムや後述のデータを記憶する記憶部と、通信ユニットなどを備え、それらはバスを介して接続されている。記憶部には、後述の各種の処理を行うにあたって必要な情報、例えば、目標（目標物体又は目標位置）に関する情報、1 次元マーカ 55 が取り付けられる棚板 51 の高さに関する情報、照合用のコード情報、カメラ 21 に関する光学パラメータ、モバイルマニピュレータ 1 のキネマティクスに関する情報等が格納されている。情報処理装置は、ロボットアーム 20 の各関節に設けられたアクチュエータ（不図示）及び各種センサ（不図示）、カメラ 21、グリッパ 22、移動機構 11、LiDAR ユニット 12 等と接続され、それらの装置との間で情報の授受を行い、又は、それらの装置の制御を行う。

[0051] 本実施形態において、棚 5 は、3 枚の棚板（51～53）を有する 3 段の棚であり、最上段の棚板 51 の上には一定の間隔で 3 つの物体 60 が載置されている。本実施形態においては、物体 60 は、コンテナであり、コンテナ

内には種々の物体が格納されている。なお、物体60は、コンテナでなくともよく、タスクに応じて任意に設定することができる。

[0052] 最上段の棚板51のモバイルマニピュレータ1と正対する側の側面には、水平に1次元マーカ55が配置されている。この棚板51は小さな厚みで構成されているため、2次元マーカの配置には適さない面である。すなわち、棚板15の側面は、その長辺（棚板51の長手方向）にはマーカを配置することが可能な十分な領域が存在するものの、それと直交する短辺（棚板51の厚み方向）にはそのような領域が十分に存在しない細長い面（又は帯状の面）であり、かつ、短辺の長さは撮像により認識可能な程度の大きさの2次元マーカの一辺の長さよりも小さいものである。後述する通り、カメラ21を用いてこの1次元マーカ55を撮像することにより、カメラ21と1次元マーカ55との間の相対的位置関係を決定することができる。

[0053] 図2は、1次元マーカ55の説明図である。同図から明らかな通り、本実施形態に係る1次元マーカ55は、その全体が黒色の円である第1の要素図形と、その中心が白色の黒色環状図形である第2の図形の2種類の図形を一直線に、合計16個配置して構成された帯状のマーカである。

[0054] このように白色と黒色とから成るマーカによれば、後述の画像処理の際の要素図形の検出精度を向上させることができる。

[0055] 本実施形態においては、これらの要素図形の間隔（円の中心間距離L）は一定である。

[0056] このような要素図形間の距離が一定である構成によれば、後述の計算が容易となるので、より容易にマーカを認識することができる。なお、要素図形間の距離は一定でなくてもよい。

[0057] この1次元マーカ55は、隣り合う連続する4つの要素図形を抽出すると一意のパターンを表すことから、4つの要素図形を単位として要素図形の固有の位置情報（ID）をコードする。このように隣り合う所定の個数単位で観察することにより一意のパターンが観察される列をド・ブラウン列（De Bruijn Sequence）と呼ぶことがある。例えば、図2の例

にあって「（第１の要素図形）→（第１の要素図形）→（第２の要素図形）→（第２の要素図形）」のパターンを抽出した場合には、ＩＤが５～８の要素図形を抽出したことを一意に特定することができる。

[0058] なお、本実施形態において、１次元マーカは白地に複数の要素図形が配置された細長い帯状物であり、任意の対象物に取り付けることができる。取り付け方法は、例えば、ステッカのように貼付するものであってもよいし、ボルト等の固定具を介した固定方法であってもよい。なお、必ずしもすべての要素図形を１つのセットとして帯状物とする必要はなく、例えば、対象物体に対して、直接要素図形を印刷してもよいし又は着色により要素図形を表してもよい。

[0059] このような構成によれば、容易にマーカを取り付けることができるので、容易に所定の対象物と撮像装置との間の高精度な位置決めを行うことができる。

[0060] 本実施形態において、要素図形の仮想外接図形は正方形である。

[0061] このような構成によれば、画像処理により要素図形の中心位置を算出することが容易となり、マーカの認識精度を向上させることができる。なお、仮想外接図形が正方形となる他の要素図形の形状として、例えば、正方形を採用することができる。

[0062] （１．２ モバイルマニピュレータの動作）

図３は、目標となる物体６０を棚５から取り出すときのモバイルマニピュレータ１の動作に関するゼネラルフローチャートである。なお、どの物体や空間中の位置を目標とするかはモバイルマニピュレータ１自身が決定してもよいし、上位システムや他の装置等の外部装置から提供されるものであってもよい。

[0063] 処理が開始すると、モバイルマニピュレータ１は、移動機構１１を制御して自律移動し、目標となる物体６０の前、すなわち、物体６０を格納する棚５の前へと移動する（Ｓ１１）。なお、自律移動は、予め記憶している環境地図と、ＬｉＤＡＲユニット１２の検出結果とを照合して自己位置推定を行

うことにより行ってもよい。

[0064] この移動の後、モバイルマニピュレータ 1 は、ロボットアーム 20 を制御して、その画角内に所定個数以上の要素図形が含まれるようにカメラ 21 を移動させる。ここで、カメラ 21 を移動させる処理は、例えば、予め記憶している、1次元マーカ 55 が取り付けられる棚板 51 の高さにロボットアーム 20 の手先を移動させる処理であってもよい。また、所定個数は、本実施形態では、固有の位置情報をコードする単位である 4 個である。

[0065] 図 4 は、カメラ 21 を移動させた後のモバイルマニピュレータ 1 を示す概念図である。同図に示す通り、ロボットアーム 20 を制御することにより、カメラ 21 は水平方向に向けられると共に 1次元マーカ 55 と正対している。また、カメラ 21 の画角内には 1次元マーカ 55 のうちの 4 つの要素図形が含まれている。

[0066] 図 3 に戻り、カメラ 21 を移動させた後、モバイルマニピュレータ 1 は、カメラ 21 を用いて撮像を行い画像を取得する (S 13)。モバイルマニピュレータ 1 は、取得画像から 1次元マーカ 55 の一部をデコード処理して、コードされていた情報、すなわち、各要素図形の ID を取得する (S 13)。

[0067] デコード処理の詳細について説明する。まず、モバイルマニピュレータ 1 に備えられた情報処理装置の制御部は、公知の楕円検出手法により 2次元のカメラ取得画像から各要素図形の中心画素位置 (u_i, v_i) を検出する (ただし、 i は ID 番号を表す)。その後、制御部は、各要素図形が、黒色の円 (第 1 の要素図形) か又は中心部に白色が存在する黒色環状図形 (第 2 の要素図形) かを判定する。その後、制御部は予め記憶されているコード情報 (本実施形態においては、既知のド・ブラウン列 (De Bruijn Sequence)) と画像内の要素図形とを照合して、各要素図形の ID を特定する。

[0068] デコード処理の後、モバイルマニピュレータ 1 は、各要素図形の中心画素位置 (u_i, v_i) と、ピンホールカメラモデルを使用して、1次元マーカ 5

5の各要素図形の3次元位置と、1次元マーカ55の長手方向の軸の向きを算出する(S15)。なお、本実施形態においては、長手方向の軸は、1次元マーカ55を構成する各要素図形の中心を通る直線である。

[0069] 1次元マーカ55の各要素図形の3次元位置と、1次元マーカ55の長手方向の軸の向きを算出する過程について詳細に説明する。

[0070] 図5は、カメラ21、カメラ21に係る画像平面(P)、及び1次元マーカ55を構成する要素図形の関係性を表す説明図である。ここでは、要素図形を左から、 m_1 、 m 、 m_2 と称する。

[0071] 同図において、 (x_c, y_c, z_c) はカメラ21の座標系を表している。 (u, v) は2次元の画像平面上の画素位置を表している。 (x, y, z) はカメラ座標系における要素図形 m の3次元位置を表している。また、 θ は、長手方向軸の y_c 軸周りの回転量、 ϕ は、 z_c 軸周りの回転量を表している。さらに、 L は、要素図形の中心座標間の距離を表している。

[0072] なお、同図においては、カメラ21に対してピンホールカメラモデルが採用されている。また、 x_c 軸周りの回転(ξ (図6参照))については、棚5が床に対して完全に鉛直方向に起立して配置されていることを仮定して、鉛直軸からの回転量が無いものとして扱われている。

[0073] 以上のような状態を仮定すると、カメラ座標系において、各要素図形(m_1 、 m 、 m_2)の3次元位置は以下のように表される。

[0074] [数1]

$$\begin{pmatrix} x - L \cos \theta \cos \phi \\ y - L \cos \theta \sin \phi \\ z - L \sin \theta \cos \phi \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} x + L \cos \theta \cos \phi \\ y + L \cos \theta \sin \phi \\ z + L \sin \theta \cos \phi \end{pmatrix}$$

[0075] これらの座標をそれぞれ画像平面(P)上に射影すると、各座標(u, v)は、以下の通りとなる。

[0076]

[数2]

$$\left\{ \begin{array}{l} (u_1, v_1) = \left(f \left(\frac{x - L \cos \theta \cos \varphi}{z - L \sin \theta \cos \varphi} \right), f \left(\frac{y - L \cos \theta \sin \varphi}{z - L \sin \theta \cos \varphi} \right) \right) \\ (u, v) = \left(f \frac{x}{z}, f \frac{y}{z} \right) \\ (u_2, v_2) = \left(f \left(\frac{x + L \cos \theta \cos \varphi}{z + L \sin \theta \cos \varphi} \right), f \left(\frac{y + L \cos \theta \sin \varphi}{z + L \sin \theta \cos \varphi} \right) \right) \end{array} \right.$$

[0077] ただし、 f は、予め記憶されている光学パラメータであり、具体的には、レンズの焦点距離をセンサの1画素の物理サイズで除した値である。

[0078] 各要素図形の中心画素位置（ u_1 、 u 、 u_2 、 v_1 、 v 、 v_2 ）の値は既知であることから、数式2を θ について解くと、以下の通りとなる。

[0079] [数3]

$$\tan \theta = \frac{f(u_1 + u_2 - 2u)}{2u_1u_2 - u(u_1 + u_2)}$$

[0080] 同様に、数式2を ϕ について解くと、以下の通りとなる。

[0081] [数4]

$$\tan \phi = \frac{v(v_1 + v_2) - 2v_1v_2}{f(2v - v_1 - v_2)} \tan \theta$$

[0082] すなわち、2次元の中心画素位置（ u 、 v ）と光学パラメータ f を取得することができれば、1次元マーカー55の長手方向軸の向き（ θ 、 ϕ ）を算出することが出来る。

[0083] また、数式2から明らかな通り、要素図形の3次元位置は、2次元の中心画素位置（ u 、 v ）と光学パラメータ f を用いて以下のように表すことができる。

[0084] [数5]

$$(x, y, z) = \left(\frac{uz}{f}, \frac{vz}{f}, z \right)$$

[0085] 数式2と数式5に基づいて、 z について解くと、以下の通りとなる。

[0086] [数6]

$$z = \frac{fL \cos\theta \cos\phi - u_1 L \sin\theta \cos\phi}{u - u_1} = \frac{fL \cos\theta \cos\phi - u_2 L \sin\theta \cos\phi}{u_2 - u}$$

[0087] f 、 L 、 θ 、 ϕ 、 u_1 、 u 、 u_2 の値はいずれも既知であるので、上式より z の値を求めることができる。また、数式5へと z の値を代入することにより、 x 、 y の値についても求めることができる。

[0088] すなわち、2次元の中心画素位置(u 、 v)を取得することができれば、1次元マーカ55を構成する各要素図形のカメラ座標系における3次元位置(x 、 y 、 z)を求めることができる。

[0089] 実際の演算処理(S15)においては、以上の計算を毎行ってもよいし、最終的な算出式(例えば、数式3、4、5、6)のみ記憶しておき、画素位置から適宜に各要素図形の3次元位置を算出してもよい。

[0090] 図3に戻り、1次元マーカ55の各要素図形の3次元位置と、1次元マーカ55の長手方向の軸の向きを算出した後、モバイルマニピュレータ1は、軸の向きに関する情報(θ 、 ϕ)に基づいて、マーカ座標系からカメラ座標系への同次変換行列 mT_c を算出する(S16)。同次変換行列の算出には既知の種々の手法を採用することができる。

[0091] この同次変換行列の算出処理の後、モバイルマニピュレータ1は、モバイルマニピュレータ1の構造に基づくキネマティクスに基づいて、カメラ座標系からロボット座標系への同次変換行列 cT_r を算出する。この同次変換行列の算出には既知の種々の手法を採用することができる。この算出処理の後、

予め記憶しているマーカ座標系で表現された目標区画の位置・姿勢を、2つの同次変換行列 mT_c 、 cT_r を用いて変換して、ロボット座標系における値に変換する（S17）。

[0092] 図6は、座標系の変換に関する説明図である。同図において、 (x_m, y_m, z_m) はマーカ座標系を表している。 (x_c, y_c, z_c) はカメラ座標系を表している。 (x_r, y_r, z_r) はロボット座標系を表している。なお、マーカ座標系の原点は、同図の例にあっては、1次元マーカ55の長手方向軸上の所定位置、特に、IDが0の要素図形の中心位置に配置されている。

[0093] 目標区画の位置・姿勢（P）はマーカ座標系において定義されている。しかしながら、上述の処理により、マーカ座標系からカメラ座標系への同次変換行列 mT_c と、カメラ座標系からロボット座標系への同次変換行列 cT_r を算出することができる。そのため、目標区画の位置・姿勢（P）をロボット座標系における表現に変換することができる。

[0094] このような構成によれば、マーカ座標系で定義された位置・姿勢をカメラ座標系又はロボット座標系に変換することができるので、高精度に作業を実行することができる。

[0095] 図3に戻り、ロボット座標系への変換処理の後、制御部は、ロボット座標系における目標区画の位置・姿勢（P）に基づいて、ロボットアーム20を制御して、目標区画において所定の位置・姿勢にある物体60をグリッパ22を用いて取り出す処理を行う（S18）。この作業の後、物体の取り出し動作は終了する。

[0096] このような構成によれば、長手方向にはマーカを配置することができる領域が存在するものの、長手方向と直交する方向にはそのような領域が存在しない帯状領域が対象物上に存在する場合に利用可能な1次元マーカ55を利用して、カメラ21と1次元マーカ55の間の3次元空間における相対的位置関係を算出することができる。すなわち、このような構成によれば、対象物上においてマーカの配置領域が限られる場面においても、1次元マーカ55とカメラ21の間の高精度な位置決めを行うことができる。

[0097] (2. 第2の実施形態)

第1の実施形態においては、カメラ21として単眼カメラを採用した。本実施形態では、カメラ21としてステレオカメラを利用する例について説明する。

[0098] 本実施形態に係るモバイルマニピュレータ1の構成は、カメラ21がステレオカメラであることを除いて、第1の実施形態と略同一であるので、詳細な説明は省略する(図1～2参照)。

[0099] また、モバイルマニピュレータ1の動作(図3)もカメラ21がステレオカメラであることから各要素図形の3次元位置と1次元マーカ55の軸の向きの算出方法(S15)が異なる点を除いて略同一である。従って、ステレオカメラであるカメラ21を用いて、各要素図形の3次元位置と1次元マーカ55の軸の向きを算出する方法についてのみ詳細に説明する。

[0100] 図7は、ステレオカメラにより要素図形を撮像する場合の原理図である。同図下端には左右のカメラ位置が点として描写され、左右のカメラ間の距離はBで表されている。なお、各カメラは互いに平行に同一面上に配置されている。なお、2つのカメラは物理的に平行に配置してもよいし、数学的に平行化変換処理を行ってもよい。

[0101] これら左右のカメラ位置から深度Zの所定位置(Q)にある要素図形を観察する場合、各カメラの焦点距離fには同図上段の2次元のカメラ画像(L、R)が観察される。このとき、左右のカメラ画像の間には視差dが生じる。この視差dは、画像の水平方向の画素位置 u_L 、 u_R を用いて以下のように表される。

[0102] [数7]

$$d = u_L - u_R$$

[0103] ここで、深度Zは、カメラ間距離Bと焦点距離fを用いて以下の通り表すことができる。

[0104]

[数8]

$$Z = \frac{Bf}{d}$$

[0105] 従って、数式7と数式8により、深度Zは左右のカメラ21の画素位置（ u_L 、 u_R ）、既知のカメラ間距離B、焦点距離fにより求めることができる。

[0106] 図8は、ピンホールカメラモデルを用いた要素図形の撮像原理図である。同図において、（ x_c 、 y_c 、 z_c ）はカメラ21の座標系を表している。（ u 、 v ）は2次元の画像平面上の画素位置を表している。（ x 、 y 、 z ）はカメラ座標系における要素図形の3次元位置を表している。

[0107] このとき、参照する要素図形の中心座標（ x 、 y 、 z ）は、画像平面上の画素位置（ u 、 v ）、深度Z（= z ）を用いて以下の通り表すことができる。

[0108] [数9]

$$(x, y, z) = \left(\frac{uz}{f}, \frac{vz}{f}, z \right)$$

[0109] 従って、各要素図形に対して数式7～9を計算することにより、各要素図形の3次元位置（ x 、 y 、 z ）を算出することができる。

[0110] また、各要素図形の3次元位置を算出した後は、最小二乗法等の手法により複数の要素図形を通る直線を求めることができるので、これにより、 y_c 軸周りの回転量 θ と、 z_c 軸周りの回転量 ϕ を求めることができる。

[0111] すなわち、要素図形の3次元位置、 y_c 軸周りの回転量 θ 、及び z_c 軸周りの回転量 ϕ を求めることができるので、その後は、第1の実施形態と同様に、マーカ座標系からカメラ座標系への同次変換行列 mT_c 等を求めることができる。

[0112] このような構成によれば、ステレオカメラを用いることにより、要素図形の高精度な認識を行うことができ、これにより作業の精度を向上させることができる。

[0113] (3. 変形例)

本発明は、様々に変形して実施することができる。

[0114] 上述の実施形態において、1次元マーカ55に係る要素図形は円形としたが、本発明はそのような構成に限定されない。互いに区別可能な図形であればどのような形状、模様又は色彩を有する図形であってもよい。

[0115] 上述の本実施形態においては、2種類の要素図形を用いた1次元コードにおいて、4つの要素図形により固有の情報をコードする構成としたが、本発明はそのような構成に限定されない。従って、例えば、他の複数個の要素図形で情報をコードしてもよい。また、要素図形の種類として、3種類以上の図形を採用してもよい。

[0116] 以上、本発明の実施形態について説明したが、上記実施形態は本発明の適用例の一部を示したに過ぎず、本発明の技術的範囲を上記実施形態の具体的な構成に限定する趣旨ではない。また、上記の実施形態は、矛盾が生じない範囲で適宜組み合わせ可能である。

産業上の利用可能性

[0117] 本発明は、マーカ又はマーカを用いたシステム等を製造する産業において利用可能である。

符号の説明

[0118] 1 モバイルマニピュレータ

10 ベース（基部）

11 移動機構

12 LiDARユニット

20 ロボットアーム

21 カメラ

22 グリッパ

5 棚

5 1 棚板（上段）

5 2 棚板（中断）

5 3 棚板（下段）

5 5 マーカ（１次元マーカ）

6 0 物体

請求の範囲

- [請求項1] 2種以上の要素図形を一行に配置して構成され、隣り合う前記要素図形は所定個数単位で固有の位置情報をコードする、1次元マーカと、
- 前記個数単位以上の隣り合う前記要素図形を撮像することにより画像を生成する、撮像装置と、
- 前記画像に基づいて、前記撮像装置と前記1次元マーカとの間の3次元空間における相対的位置関係を示す3次元位置情報を生成する、情報生成部と、
- を備えた、情報生成システム。
- [請求項2] 前記1次元マーカは、所定の物体に取り付けることが可能に構成されている、請求項1に記載の情報生成システム。
- [請求項3] 前記要素図形は、等間隔に配置される、請求項1に記載の情報生成システム。
- [請求項4] 前記要素図形の仮想外接図形は、いずれも正方形である、請求項1に記載の情報生成システム。
- [請求項5] 前記要素図形は、いずれも円形である、請求項1に記載の情報生成システム。
- [請求項6] 前記要素図形は、全体が黒色の円である第1の図形と、中心が白色の黒色環状図形である第2の図形を含む、請求項5に記載の情報生成システム。
- [請求項7] 前記撮像装置は、単眼カメラである、請求項1に記載の情報生成システム。
- [請求項8] 前記情報生成部は、前記画像に基づいて、前記1次元マーカの各前記要素図形の3次元位置と、前記1次元マーカの長手方向の軸の向きを算出することにより、前記3次元位置情報を生成する、請求項7に記載の情報生成システム。
- [請求項9] 前記情報生成部は、前記3次元位置と前記軸の向きは、前記撮像装

置に係る光学パラメータと、前記要素図形間の距離と、前記画像上の前記要素図形の画素位置に基づいて算出される、請求項 8 に記載の情報生成システム。

[請求項10] 前記撮像装置は、ステレオカメラである、請求項 1 に記載の情報生成システム。

[請求項11] 前記情報生成部は、前記ステレオカメラを用いて取得された 1 組の画像に基づく視差情報を用いることにより、前記 3 次元位置情報を生成する、請求項 10 に記載の情報生成システム。

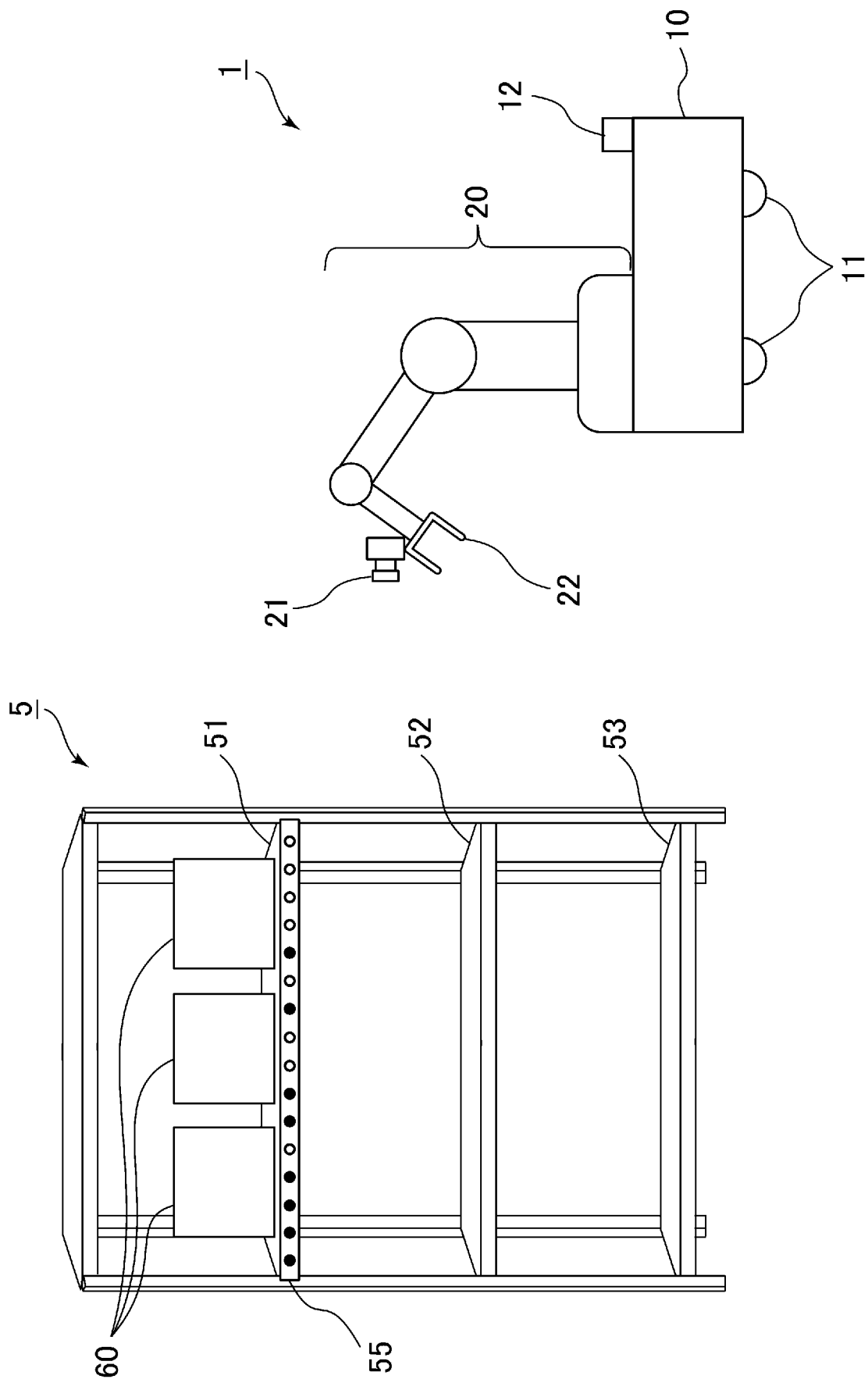
[請求項12] 前記情報生成システムは、さらに、
移動可能に構成された、基部と、
前記基部に取り付けられた、マニピュレータと、を備え、
前記撮像装置は、前記マニピュレータに取り付けられている、請求項 1 に記載の情報生成システム。

[請求項13] 前記情報生成システムは、さらに、
移動可能に構成された、基部と、
前記基部に取り付けられた、マニピュレータと、を備え、
前記撮像装置は、前記基部に取り付けられている、請求項 1 に記載の情報生成システム。

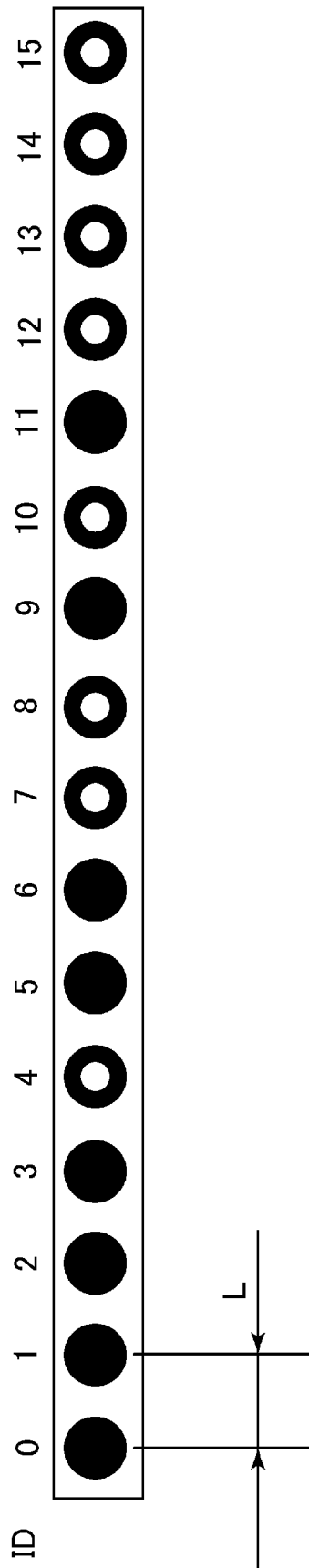
[請求項14] 2 種以上の要素図形を一行に配置して構成され隣り合う前記要素図形は所定個数単位で固有の位置情報をコードする 1 次元マーカと、モバイルマニピュレータと、から成るシステムであって、
前記モバイルマニピュレータは、
移動可能に構成された、基部と、
前記基部に取り付けられた、多関節マニピュレータと、
前記多関節マニピュレータに取り付けられ、前記所定個数単位以上の隣り合う前記要素図形を撮像することにより画像を生成する、撮像装置と、
前記画像に基づいて、前記撮像装置と前記 1 次元マーカとの間の

3次元空間における相対的位置関係を示す3次元位置情報を生成する、情報生成部と、
を備える、システム。

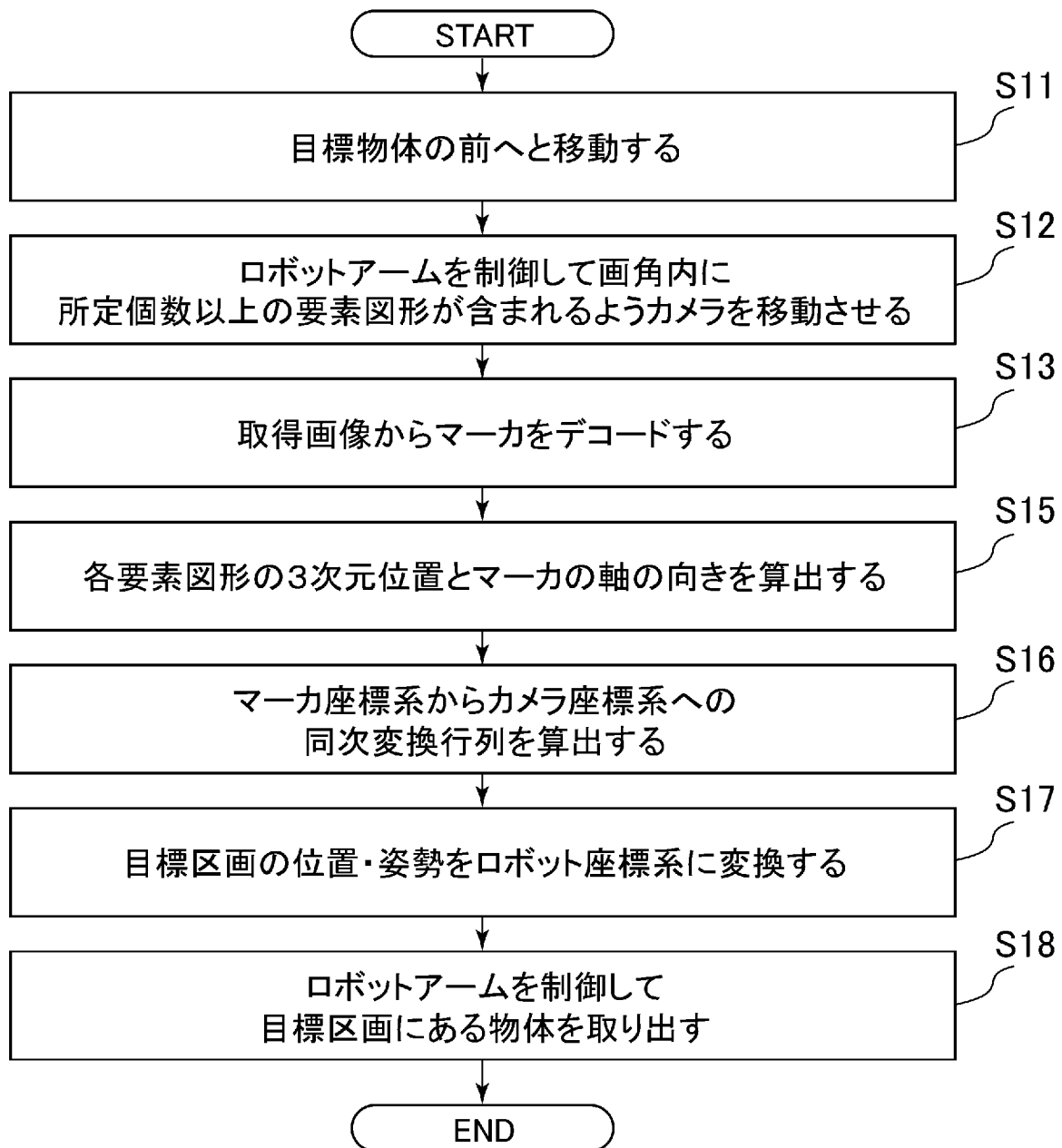
[図1]



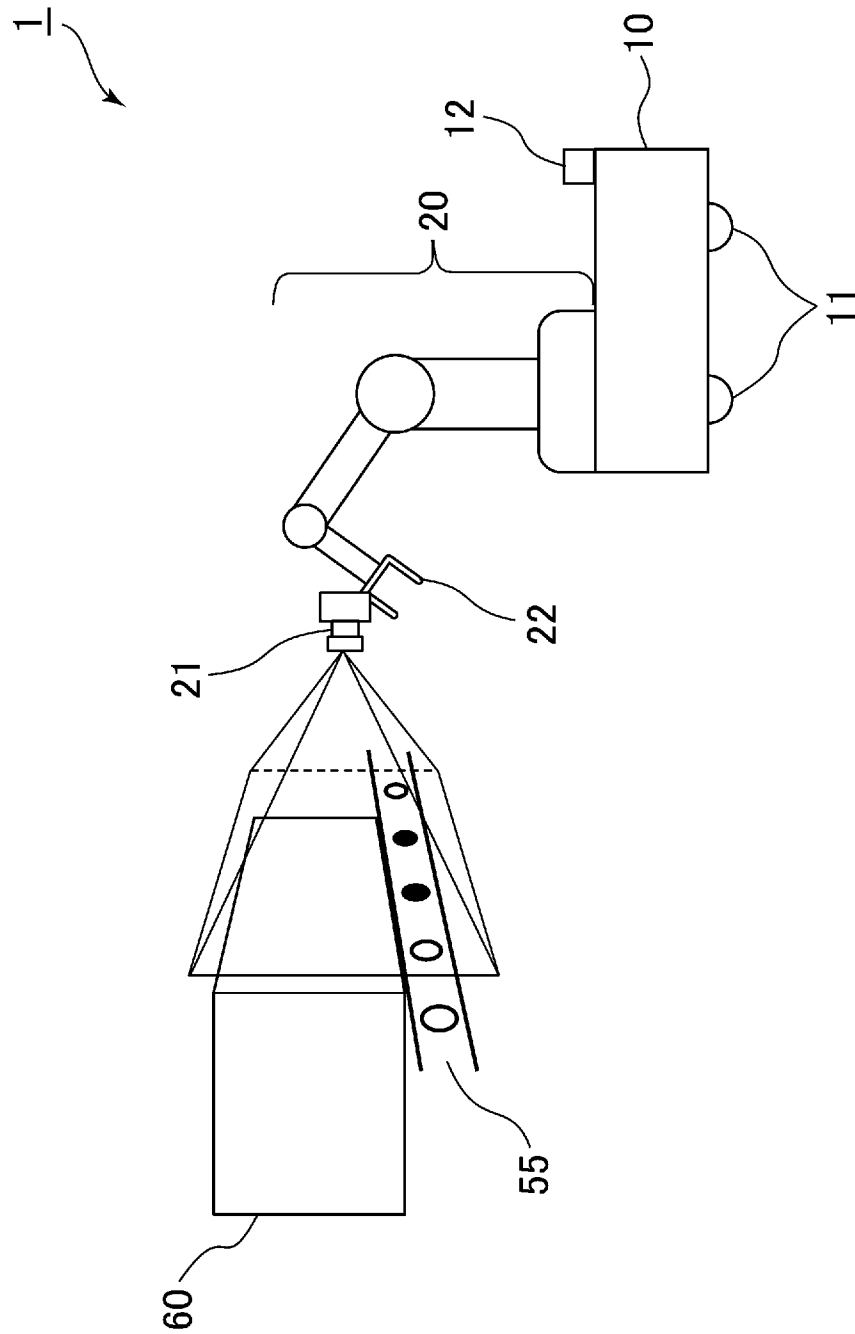
[図2]



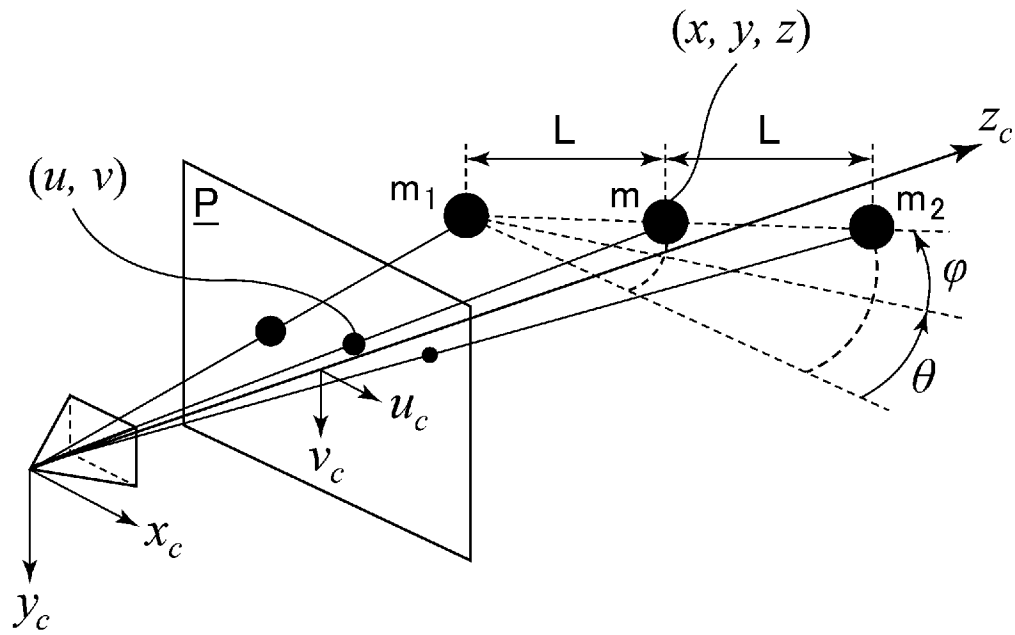
[図3]



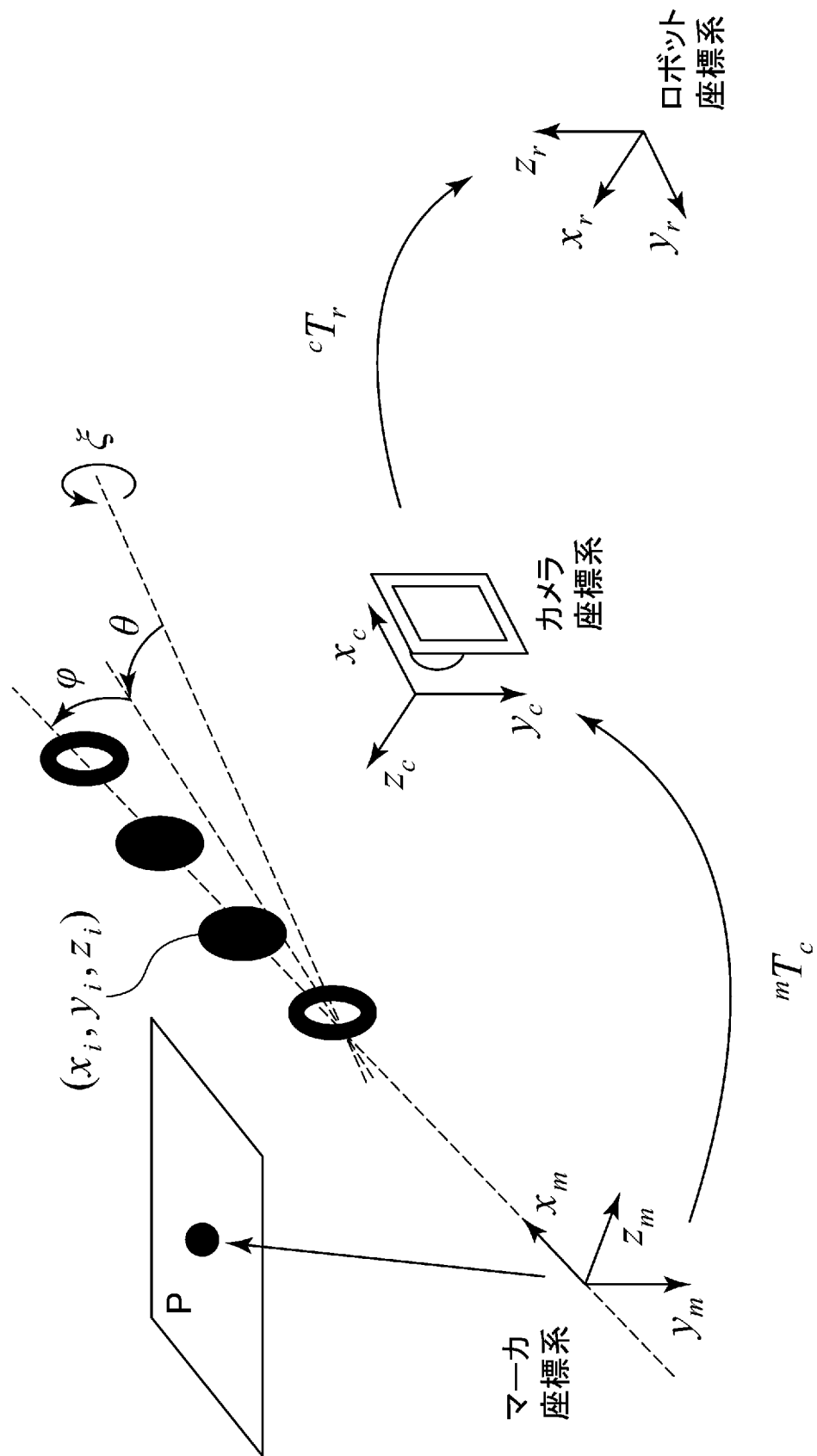
[図4]



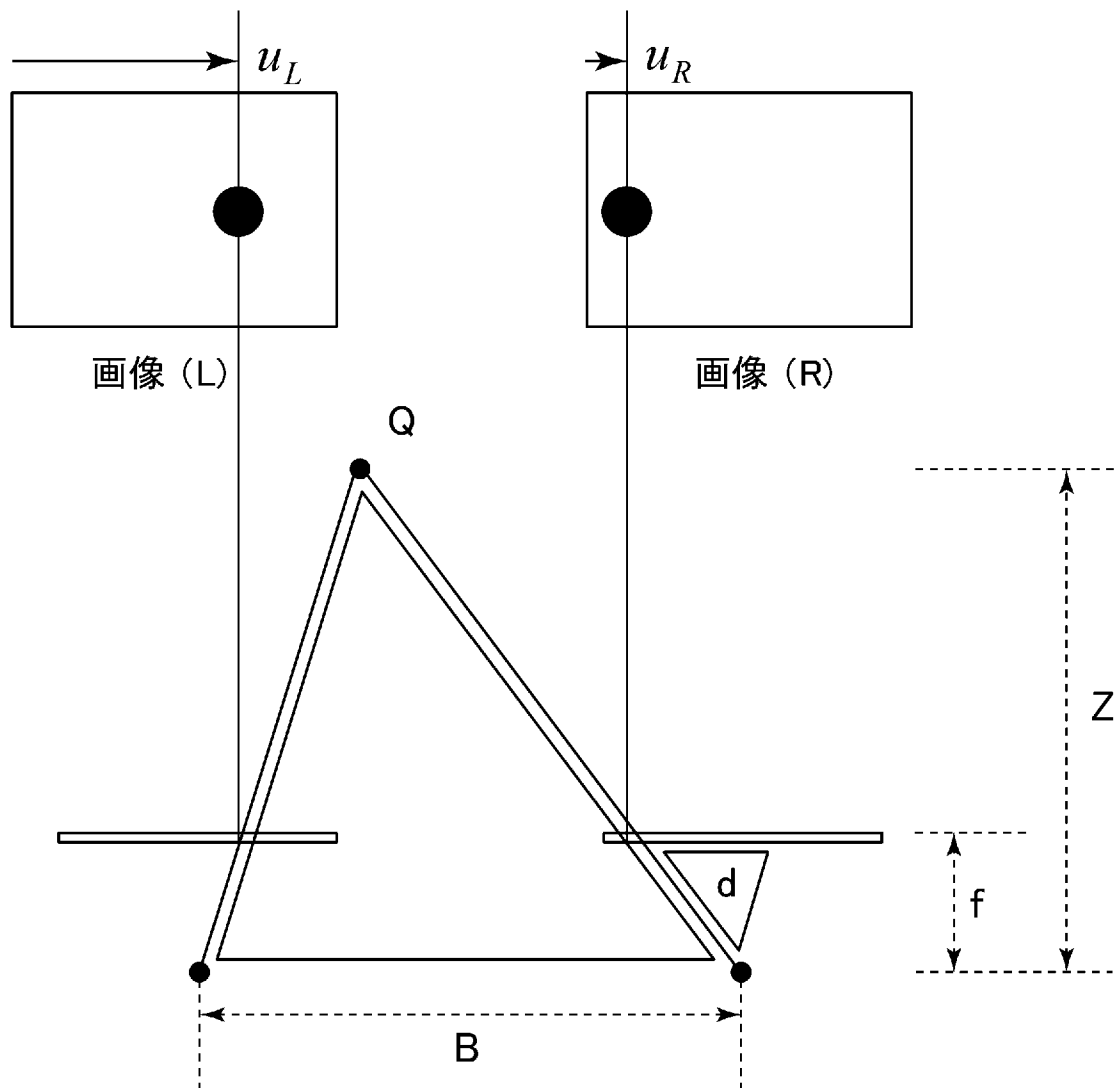
[図5]



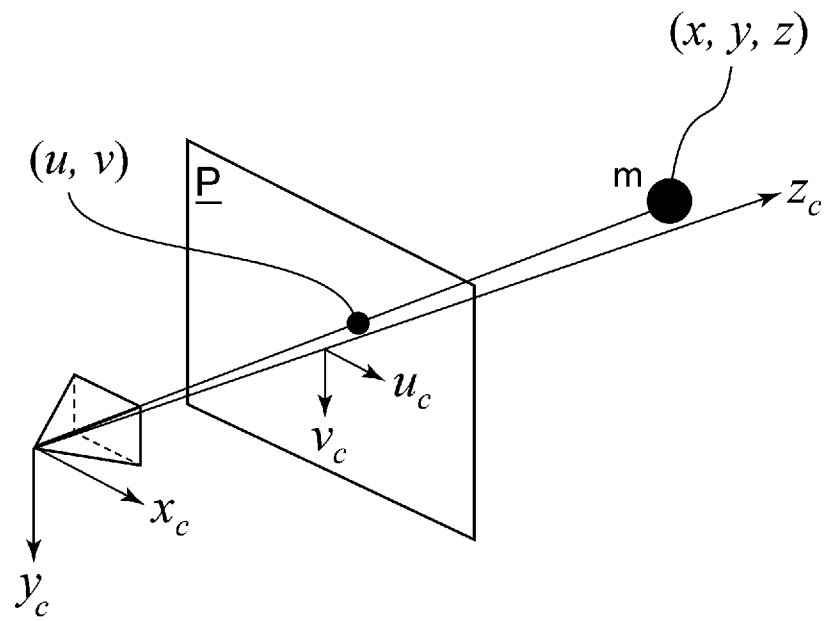
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/004647

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G01C 15/00**(2006.01)i; **G01C 15/06**(2006.01)i; **G01B 11/00**(2006.01)i

FI: G01C15/00 103Z; G01C15/06 T; G01B11/00 Z

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)

G01C15/00; G01C15/06; G01B11/00-11/30; G06T7/00; G06T1/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023

Registered utility model specifications of Japan 1996-2023

Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2007-271563 A (CANON KABUSHIKI KAISHA) 18 October 2007 (2007-10-18) paragraphs [0001], [0009], [0016]-[0023], [0026]-[0037], [0042]-[0091], [0097], fig. 1-7	1-14
A	JP 2013-205278 A (DENSO IT LABORATORY INC.) 07 October 2013 (2013-10-07) entire text, all drawings	1-14
A	JP 2002-090118 A (OLYMPUS OPTICAL CO., LTD.) 27 March 2002 (2002-03-27) entire text, all drawings	1-14

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ 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

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 April 2023

Date of mailing of the international search report

25 April 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/004647

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2007-271563	A	18 October 2007	US 2009/0245681 A1 paragraphs [0001], [0013], [0019]-[0023], [0046]-[0117], [0123], fig. 1-7 WO 2007/114313 A1	
JP	2013-205278	A	07 October 2013	(Family: none)	
JP	2002-090118	A	27 March 2002	US 2002/0052709 A1 whole document	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01C 15/00(2006.01)i; G01C 15/06(2006.01)i; G01B 11/00(2006.01)i FI: G01C15/00 103Z; G01C15/06 T; G01B11/00 Z														
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） G01C15/00; G01C15/06; G01B11/00-11/30; G06T7/00; G06T1/00 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2023年</td> </tr> </table> 国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2023年	日本国実用新案登録公報	1996-2023年	日本国登録実用新案公報	1994-2023年				
日本国実用新案公報	1922-1996年													
日本国公開実用新案公報	1971-2023年													
日本国実用新案登録公報	1996-2023年													
日本国登録実用新案公報	1994-2023年													
C. 関連すると認められる文献														
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号												
X	JP 2007-271563 A（キヤノン株式会社）18.10.2007（2007-10-18） 段落1, 9, 16-23, 26-37, 42-91, 97, 図1-7	1-14												
A	JP 2013-205278 A（株式会社デンソーアイティラボラトリ）07.10.2013（2013-10-07） 全文全図	1-14												
A	JP 2002-090118 A（オリンパス光学工業株式会社）27.03.2002（2002-03-27） 全文全図	1-14												
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの</td> <td>“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの</td> <td>“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの	“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの	“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの	“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	“&” 同一パテントファミリー文献	“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	
* 引用文献のカテゴリー	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの													
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの	“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの													
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの													
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献														
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献														
国際調査を完了した日 13.04.2023	国際調査報告の発送日 25.04.2023													
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 櫻井 仁 2S 9008 電話番号 03-3581-1101 内線 3216													

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/004647

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2007-271563	A	18.10.2007	US 2009/0245681 A1 [0001], [0013], [0019]- [0023], [0046]-[0117], [0123], FIGURE 1-7 WO 2007/114313 A1	
JP	2013-205278	A	07.10.2013	(ファミリーなし)	
JP	2002-090118	A	27.03.2002	US 2002/0052709 A1 WHOLE DOCUMENT	