

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第6527178号
(P6527178)

(45) 発行日 令和1年6月5日(2019.6.5)

(24) 登録日 令和1年5月17日(2019.5.17)

(51) Int.Cl.
B 2 5 J 19/04 (2006.01)

F I
B 2 5 J 19/04

請求項の数 10 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2017-3664 (P2017-3664)	(73) 特許権者	390008235
(22) 出願日	平成29年1月12日 (2017.1.12)		ファナック株式会社
(65) 公開番号	特開2018-111165 (P2018-111165A)		山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場358
(43) 公開日	平成30年7月19日 (2018.7.19)		〇番地
審査請求日	平成30年2月14日 (2018.2.14)	(74) 代理人	100106002
早期審査対象出願			弁理士 正林 真之
		(74) 代理人	100165157
			弁理士 芝 哲央
		(74) 代理人	100160794
			弁理士 星野 寛明
		(72) 発明者	並木 勇太
			山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場358
			〇番地 ファナック株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 視覚センサのキャリブレーション装置、方法及びプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ステレオカメラの備える第1のカメラの画像座標系における位置情報と前記ステレオカメラの備える第2のカメラの画像座標系における位置情報の少なくとも一方と、ロボット

のロボット座標系における位置情報と、を対応づけるキャリブレーション装置であって、

ロボットに取り付けられたターゲットマークのモデルパターンを生成するモデルパターン生成部と、

前記モデルパターンに基づいて、前記第1のカメラにより撮像される画像データから前記ターゲットマークを検出するための第1パラメータを設定する第1パラメータ設定部と、

前記モデルパターンに基づいて、前記第2のカメラにより撮像される画像データから前記ターゲットマークを検出するための第2パラメータを前記第1パラメータ設定部により設定された前記第1パラメータに基づいて設定する第2パラメータ設定部と、

前記ロボットにより移動させられる前記ロボットに取り付けられたターゲットマークを、複数の移動先で前記第1のカメラ及び前記第2のカメラにより撮像する撮像制御部と、

前記第1パラメータの値を用いて、前記第1のカメラにより撮像される画像データから前記ターゲットマークを検出し、検出された前記ターゲットマークの前記第1のカメラの画像座標系における座標位置を計測する第1検出部と、

前記第2パラメータの値を用いて、前記第2のカメラにより撮像される画像データから前記ターゲットマークを検出し、検出された前記ターゲットマークの前記第2のカメラの

画像座標系での座標位置を計測する第 2 検出部と、

前記第 1 検出部により計測された前記ターゲットマークの前記第 1 のカメラの画像座標系における座標位置と、前記第 2 検出部により計測された前記ターゲットマークの前記第 2 のカメラの画像座標系における座標位置と、前記第 1 のカメラ及び前記第 2 のカメラにより撮像される時の前記ターゲットマークの前記ロボット座標系における座標位置と、に基づいて前記第 1 のカメラ及び前記第 2 のカメラのキャリブレーションを行うキャリブレーション部と、

を備えるキャリブレーション装置。

【請求項 2】

前記ターゲットマークは、前記ロボットのアーム先端に取り付けられ、前記ロボットの
手先座標系における 3 次元での位置及び姿勢が予め求められた請求項 1 に記載のキャリブ
レーション装置。

10

【請求項 3】

前記第 1 パラメータ及び前記第 2 パラメータは、単一の数値、オンオフ値、又は範囲を
有するパラメータを含む、請求項 1 又は請求項 2 に記載のキャリブレーション装置。

【請求項 4】

前記第 2 パラメータ設定部により初期設定される前記第 2 パラメータは、前記第 1 パラ
メータ設定部により設定される前記第 1 パラメータで前記第 1 のカメラにより撮像される
画像データから検出できる前記ターゲットマークは全て、前記第 2 のカメラにより撮像さ
れる画像から検出できるように設定される、請求項 1 乃至請求項 3 の何れか 1 項に記載の
キャリブレーション装置。

20

【請求項 5】

前記第 2 パラメータ設定部は、前記第 1 パラメータが所定の範囲を有する場合には、第
2 パラメータの範囲として、前記第 2 のカメラにより撮像される画像データから前記ター
ゲットマークを検出することができたときに用いた前記第 2 パラメータの値を中心として
、前記第 1 パラメータにおける中心値からの偏差の大きさの範囲に設定する、請求項 4 に
記載のキャリブレーション装置。

【請求項 6】

前記第 1 パラメータ及び前記第 2 パラメータは、それぞれ、前記ターゲットマークのモ
デルパターン、サイズ、及び変形に関するパラメータを含む、請求項 1 乃至請求項 5 の何
れか 1 項に記載のキャリブレーション装置。

30

【請求項 7】

前記第 1 パラメータ及び前記第 2 パラメータは、それぞれ前記ターゲットマークのモデ
ルパターンに適用されるパラメータであって、

前記第 1 検出部は、

前記第 1 のカメラにより撮像される画像データから、前記第 1 パラメータを適用した
モデルパターンによりターゲットマークを検出し、

前記第 2 検出部は、

前記第 2 のカメラにより撮像される画像データから、前記第 2 パラメータを適用した
モデルパターンによりターゲットマークを検出する、請求項 4 乃至請求項 6 の何れか 1 項
に記載のキャリブレーション装置。

40

【請求項 8】

前記第 1 パラメータ及び前記第 2 パラメータは、それぞれ前記第 1 のカメラにより撮像
される画像データ及び前記第 2 のカメラにより撮像される画像データに適用されるパラメ
ータであって、

前記第 1 検出部は、

前記第 1 のカメラによる撮像される画像データに前記第 1 パラメータを適用した画像
データから、前記ターゲットマークを検出し、

前記第 2 検出部は、

前記第 2 のカメラによる撮像される画像データに前記第 2 パラメータを適用した画像

50

データから、前記ターゲットマークを検出する、請求項 1 乃至請求項 6 の何れか 1 項に記載のキャリブレーション装置。

【請求項 9】

ステレオカメラの備える第 1 のカメラの画像座標系における位置情報と、前記ステレオカメラの備える第 2 のカメラの画像座標系における位置情報と、ロボットのロボット座標系における位置情報と、を対応づけるキャリブレーション装置によるキャリブレーション方法であって、

前記キャリブレーション装置により、

ロボットに取り付けられたターゲットマークのモデルパターンを生成するモデルパターン生成ステップと、

前記モデルパターンに基づいて、前記第 1 のカメラにより撮像される画像データから前記ターゲットマークを検出するための第 1 パラメータを設定する第 1 パラメータ設定ステップと、

前記モデルパターンに基づいて、前記第 2 のカメラにより撮像される画像データから前記ターゲットマークを検出するための第 2 パラメータを前記第 1 パラメータ設定ステップにより設定された前記第 1 パラメータに基づいて設定する第 2 パラメータ設定ステップと、

前記ロボットにより移動させられる前記ロボットに取り付けられたターゲットマークを、複数の移動先で前記第 1 のカメラ及び前記第 2 のカメラにより撮像する撮像制御ステップと、

前記第 1 パラメータの値を用いて、前記第 1 のカメラにより撮像される画像データから前記ターゲットマークを検出し、検出された前記ターゲットマークの前記第 1 のカメラの画像座標系における座標位置を計測する第 1 検出ステップと、

前記第 2 パラメータの値を用いて、前記第 2 のカメラにより撮像される画像データから前記ターゲットマークを検出し、検出された前記ターゲットマークの前記第 2 のカメラの画像座標系における座標位置を計測する第 2 検出ステップと、

前記第 1 検出ステップにより計測された前記ターゲットマークの前記第 1 のカメラの画像座標系における座標位置と、前記第 2 検出ステップにより計測された前記ターゲットマークの前記第 2 のカメラの画像座標系における座標位置と、前記第 1 のカメラ及び前記第 2 のカメラにより撮像される時の前記ターゲットマークの前記ロボット座標系における座標位置と、に基づいて前記第 1 のカメラ及び前記第 2 のカメラのキャリブレーションを行うキャリブレーションステップと、

を備えるキャリブレーション方法。

【請求項 10】

ロボットに取り付けられたターゲットマークのモデルパターンを生成するモデルパターン生成ステップと、

前記モデルパターンに基づいて、第 1 のカメラにより撮像される画像データから前記ターゲットマークを検出するための第 1 パラメータを設定する第 1 パラメータ設定ステップと、

前記モデルパターンに基づいて、第 2 のカメラにより撮像される画像データから前記ターゲットマークを検出するための第 2 パラメータを前記第 1 パラメータ設定ステップにより設定された前記第 1 パラメータに基づいて設定する第 2 パラメータ設定ステップと、

前記ロボットにより移動させられる前記ロボットに取り付けられたターゲットマークを、複数の移動先で前記第 1 のカメラ及び前記第 2 のカメラにより撮像する撮像制御ステップと、

前記第 1 パラメータの値を用いて、前記第 1 のカメラにより撮像される画像データから前記ターゲットマークを検出し、検出された前記ターゲットマークの前記第 1 のカメラの画像座標系における座標位置を計測する第 1 検出ステップと、

前記第 2 パラメータの値を用いて、前記第 2 のカメラにより撮像される画像データから前記ターゲットマークを検出し、検出された前記ターゲットマークの前記第 2 のカメラの

10

20

30

40

50

画像座標系における座標位置を計測する第2検出ステップと、

前記第1検出ステップにより計測された前記ターゲットマークの前記第1のカメラの画像座標系における座標位置と、前記第2検出ステップにより計測された前記ターゲットマークの前記第2のカメラの画像座標系における座標位置と、前記第1のカメラ及び前記第2のカメラにより撮像される時の前記ターゲットマークのロボット座標系における座標位置と、に基づいて前記第1のカメラ及び前記第2のカメラのキャリブレーションを行うキャリブレーションステップと、をコンピュータに実行させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

本発明は、視覚センサのキャリブレーションに関し、特に複数のカメラを備えるステレオカメラを使用したキャリブレーション時においてターゲットマークを検出するキャリブレーション装置、方法、及びプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

ロボットシステムではロボットに視覚機能を持たせ、その視覚機能によって対象物の位置を認識させて、ワークのハンドリングや加工などの作業が行われている。その視覚機能はロボットのハンド付近に取り付けられた視覚センサやロボットの周辺に設置された視覚センサが対象物を撮像することによって実現される。このようなロボットシステムにおいては、ロボットから見た対象物の位置を取得するには、画像上の対象物の位置を、ロボッ

20

【0003】

従来、キャリブレーションデータを求める方法は様々なものがある。例えば、特許文献1では、格子状のパターンをロボットのアーム先端に取り付け、固定設置された視覚センサで計測する方法（「方法A」という）が提案されている。また、特許文献2では、予めロボットの手先座標系において位置姿勢が求まっているターゲットマークをアーム先端にとりつけ、そのターゲットマークを視覚センサで撮像した画像内での位置を複数箇所で見つけることによりキャリブレーションする方法（「方法B」という）が提案されている。

【0004】

方法Aでキャリブレーションする場合には、予めキャリブレーションに使用するパターンを用意する必要がある。カメラの視野が用意したパターンに対して広過ぎる場合や狭過ぎる場合には、精度良くキャリブレーションできないという問題がある。

30

それに対して、方法Bでキャリブレーションをする場合には、方法Aと比べて、より広い視野をキャリブレーションしたり、より狭い視野をキャリブレーションしたりすることが可能となり、キャリブレーションの自由度をより向上させることができるというメリットがある。

なお、3次元的な計測をする際には、例えば、特許文献3に記載されているように、視覚センサとしてステレオカメラを使うことがある。ステレオカメラには対象物のテクスチャを使って対応点のマッチングを行うパッシブステレオ方式や対象物に投影したパターンを使って対応点のマッチングを行うアクティブステレオ方式がある。いずれの場合でも、ステレオカメラを構成する2つ以上のカメラをキャリブレーションすることが必要となる。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特許第2690603号公報

【特許文献2】特開2015-174191号公報

【特許文献3】特開2010-172986号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

50

【 0 0 0 6 】

このようなステレオカメラのように複数のカメラをキャリブレーションするときには、それぞれのカメラを独立してキャリブレーションすることが必要となる。しかしながら、複数のカメラはそれぞれ離れた場所に取り付けられていることから、カメラに映るターゲットマークの形状はそれぞれ異なる歪みかたをする。例えば、複数のカメラがそれぞれ異なる傾きで取り付けられている場合には、カメラに映るターゲットマークの形状はそれぞれ異なる歪み方をする。

【 0 0 0 7 】

複数のカメラに映るターゲットマークの形状がそれぞれ異なる歪みをしている場合、一つのカメラで作成したモデルパターンを別のカメラに対して用いることはできないことが多い。このため、カメラに映るターゲットマークの形状がそれぞれ異なる歪みをしている場合において、複数のカメラ毎にモデルパターンを作成するとともに、ターゲットマークを検出できるように、例えば、露光時間、画像中のキャリブレーションする範囲、ターゲットマークの形状モデル、検出パラメータ等のターゲットマークを検出するためのパラメータ設定を複数のカメラ毎に行う必要がある。

しかしながら、キャリブレーション時に複数のカメラ毎にモデルパターンを作成するとともに、検出するためのパラメータの設定を行うことは、オペレータの操作性に大きな影響を与え、余計な時間を要し、効率を落としてしまう。このため、複数のカメラをキャリブレーションするときにおいても、キャリブレーション時に行うパラメータ設定をカメラ毎に重複して行わずに済むことが望まれる。

【 0 0 0 8 】

この点、特許文献 2 に記載のキャリブレーションは、単一のカメラをキャリブレーションするに過ぎず、ステレオカメラのような複数のカメラをキャリブレーションするものではない。また、特許文献 3 に記載のキャリブレーションは、基礎行列算出用治具としてのチェッカーボードをロボットのアーム先端に取り付け、それをステレオカメラで撮像することで、キャリブレーションするものであり、ターゲットマークをアーム先端にとりつけ、そのターゲットマークをステレオカメラで撮像した画像内での位置を複数箇所で求めることによりキャリブレーションするものではない。

【 0 0 0 9 】

本発明は、複数のカメラを備えるステレオカメラのキャリブレーション時において、モデルパターンの作成及びターゲットマークを検出するためのパラメータ設定をカメラ毎に重複して行わずに済むことを可能とする、キャリブレーション装置、方法、及びプログラムを提供する。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 0 】

(1) 本発明に係るキャリブレーション装置(例えば、後述の「視覚センサ制御装置 1」)は、ステレオカメラの備える第 1 のカメラの画像座標系における位置情報と、前記ステレオカメラの備える第 2 のカメラの画像座標系における位置情報の少なくとも一方とロボットのロボット座標系における位置情報と、を対応づけるキャリブレーション装置であって、ロボットに取り付けられたターゲットマークのモデルパターンを生成するモデルパターン生成部(例えば、後述の「モデルパターン生成部 1 0 1」)と、前記モデルパターンに基づいて、前記第 1 のカメラにより撮像される画像データから前記ターゲットマークを検出するための第 1 パラメータを設定する第 1 パラメータ設定部(例えば、後述の「第 1 パラメータ設定部 1 0 2」)と、前記モデルパターンに基づいて、前記第 2 のカメラにより撮像される画像データから前記ターゲットマークを検出するための第 2 パラメータを前記第 1 パラメータ設定部により設定された前記第 1 パラメータに基づいて設定する第 2 パラメータ設定部(例えば、後述の「第 2 パラメータ設定部 1 0 4」)と、前記ロボットにより移動させられる前記ロボットに取り付けられたターゲットマークを、複数の移動先で前記第 1 のカメラ及び前記第 2 のカメラにより撮像する撮像制御部(例えば、後述の「撮像制御部 1 0 0」)と、前記第 1 パラメータに含まれる前記第 1 パラメータの値を用

いて、前記第 1 のカメラにより撮像される画像データから前記ターゲットマークを検出し、検出された前記ターゲットマークの前記第 1 のカメラの画像座標系における座標位置を計測する第 1 検出部（例えば、後述の「第 1 検出部 103」）と、前記第 2 パラメータに含まれる前記第 2 パラメータの値を用いて、前記第 2 のカメラにより撮像される画像データから前記ターゲットマークを検出し、検出された前記ターゲットマークの前記第 2 のカメラの画像座標系での座標位置を計測する第 2 検出部（例えば、後述の「第 2 検出部 105」）と、前記第 1 検出部により計測された前記ターゲットマークの前記第 1 のカメラの画像座標系における座標位置と、前記第 2 検出部により計測された前記ターゲットマークの前記第 2 のカメラの画像座標系における座標位置と、前記第 1 のカメラ及び前記第 2 のカメラにより撮像される時の前記ターゲットマークの前記ロボット座標系における座標位置と、に基づいて前記第 1 のカメラ及び前記第 2 のカメラのキャリブレーションを行うキャリブレーション部（例えば、後述の「キャリブレーション部 106」）と、を備える。

10

【0011】

（2）（1）に記載のキャリブレーション装置において、前記ターゲットマークは、前記ロボットのアーム先端に取り付けられ、前記ロボットの手先座標系における 3 次元での位置及び姿勢が予め求められるように構成してもよい。

【0012】

（3）（1）又は（2）に記載のキャリブレーション装置において、前記第 1 パラメータ及び前記第 2 パラメータは、単一の数値、オンオフ値、又は範囲を有するパラメータを含むように構成してもよい。

20

【0013】

（4）（1）乃至（3）の何れかに記載のキャリブレーション装置において、前記第 2 パラメータ設定部により初期設定される前記第 2 パラメータは、前記第 1 パラメータ設定部により設定される前記第 1 パラメータで前記第 1 のカメラにより撮像される画像データから検出できる前記ターゲットマークは全て、前記第 2 のカメラにより撮像される画像から検出できるように設定されるように構成してもよい。

【0014】

（5）（4）に記載のキャリブレーション装置において、前記第 2 パラメータ設定部は、前記第 1 パラメータが所定の範囲を有する場合には、第 2 パラメータの範囲として、前記第 2 のカメラにより撮像される画像データから前記ターゲットマークを検出することができたときに用いた前記第 2 パラメータの値を中心として、前記第 1 パラメータにおける中心値からの偏差の大きさの範囲に設定するように構成してもよい。

30

【0015】

（6）（1）乃至（5）の何れかに記載のキャリブレーション装置において、前記第 1 パラメータ及び前記第 2 パラメータは、それぞれ、前記ターゲットマークのモデルパターン、サイズ、及び変形に関するパラメータを含むように構成してもよい。

【0016】

（7）（4）乃至（6）の何れかに記載のキャリブレーション装置において、前記第 1 パラメータ及び前記第 2 パラメータは、それぞれ前記ターゲットマークのモデルパターンに適用されるパラメータであって、前記第 1 検出部は、前記第 1 のカメラにより撮像される画像データから、前記第 1 パラメータを適用したモデルパターンによりターゲットマークを検出し、前記第 2 検出部は、前記第 2 のカメラにより撮像される画像データから、前記第 2 パラメータを適用したモデルパターンによりターゲットマークを検出するように構成してもよい。

40

【0017】

（8）（1）乃至（6）の何れかに記載のキャリブレーション装置において、前記第 1 パラメータ及び前記第 2 パラメータは、それぞれ前記第 1 のカメラによる撮像される画像データ及び前記第 1 のカメラによる撮像される画像データに適用されるパラメータであって、前記第 1 検出部は、前記第 1 のカメラにより撮像される画像データに前記第 1 パラメータを適用した画像データから、前記ターゲットマークを検出し、前記第 2 検出部は、前

50

記第2のカメラにより撮像される画像データに前記第2パラメータを適用した画像データから、前記ターゲットマークを検出するように構成してもよい。

【0018】

(9) 本発明に係るキャリブレーション方法(例えば、後述の「視覚センサ制御方法」)は、ステレオカメラの備える第1のカメラの画像座標系における位置情報と、前記ステレオカメラの備える第2のカメラの画像座標系における位置情報と、ロボットのロボット座標系における位置情報と、を対応づけるキャリブレーション装置(後述の「視覚センサ制御装置」)によるキャリブレーション方法であって、前記キャリブレーション装置により、ロボットに取り付けられたターゲットマークのモデルパターンを生成するモデルパターン生成ステップと、前記モデルパターンに基づいて、前記第1のカメラにより撮像される画像データから前記ターゲットマークを検出するための第1パラメータを設定する第1パラメータ設定ステップと、前記モデルパターンに基づいて、前記第2のカメラにより撮像される画像データから前記ターゲットマークを検出するための第2パラメータを前記第1パラメータ設定ステップにより設定された前記第1パラメータに基づいて設定する第2パラメータ設定ステップと、前記ロボットにより移動させられる前記ロボットに取り付けられたターゲットマークを、複数の移動先で前記第1のカメラ及び前記第2のカメラにより撮像する撮像制御ステップと、前記第1パラメータに含まれる前記第1パラメータの値を用いて、前記第1のカメラにより撮像される画像データから前記ターゲットマークを検出し、検出された前記ターゲットマークの前記第1のカメラの画像座標系における座標位置を計測する第1検出ステップと、前記第2パラメータに含まれる前記第2パラメータの値を用いて、前記第2のカメラにより撮像される画像データから前記ターゲットマークを検出し、検出された前記ターゲットマークの前記第2のカメラの画像座標系における座標位置を計測する第2検出ステップと、前記第1検出ステップにより計測された前記ターゲットマークの前記第1のカメラの画像座標系における座標位置と、前記第2検出ステップにより計測された前記ターゲットマークの前記第2のカメラの画像座標系における座標位置と、前記第1のカメラ及び前記第2のカメラにより撮像される時の前記ターゲットマークの前記ロボット座標系における座標位置と、に基づいて前記第1のカメラ及び前記第2のカメラのキャリブレーションを行うキャリブレーションステップと、を備える。

【0019】

(10) 本発明に係るプログラム(例えば、後述の「プログラム」)は、ロボットに取り付けられたターゲットマークのモデルパターンを生成するモデルパターン生成ステップと、前記モデルパターンに基づいて、第1のカメラにより撮像される画像データから前記ターゲットマークを検出するための第1パラメータを設定する第1パラメータ設定ステップと、前記モデルパターンに基づいて、第2のカメラにより撮像される画像データから前記ターゲットマークを検出するための第2パラメータを前記第1パラメータ設定ステップにより設定された前記第1パラメータに基づいて設定する第2パラメータ設定ステップと、前記ロボットにより移動させられる前記ロボットに取り付けられた前記ターゲットマークを、複数の移動先で前記第1のカメラ及び前記第2のカメラにより撮像する撮像制御ステップと、前記第1パラメータに含まれる前記第1パラメータの値を用いて、前記第1のカメラにより撮像される画像データから前記ターゲットマークを検出し、検出された前記ターゲットマークの前記第1のカメラの画像座標系における座標位置を計測する第1検出ステップと、前記第2パラメータに含まれる前記第2パラメータの値を用いて、前記第2のカメラにより撮像される画像データから前記ターゲットマークを検出し、検出された前記ターゲットマークの前記第2のカメラの画像座標系における座標位置を計測する第2検出ステップと、前記第1検出ステップにより計測された前記ターゲットマークの前記第1のカメラの画像座標系における座標位置と、前記第2検出ステップにより計測された前記ターゲットマークの前記第2のカメラの画像座標系における座標位置と、前記第1のカメラ及び前記第2のカメラにより撮像される時の前記ターゲットマークの前記ロボット座標系における座標位置と、に基づいて前記第1のカメラ及び前記第2のカメラのキャリブレーションを行うキャリブレーションステップと、をコンピュータに実行させる。

【発明の効果】

【0020】

本発明によれば、複数のカメラを備えるステレオカメラのキャリブレーション時において、モデルパターンの作成及びターゲットマークを検出するためのパラメータ設定をカメラ毎に重複して行わずに済むことを可能とする、キャリブレーション装置、方法、及びプログラムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】ロボットシステム1000の全体の構成図である。

【図2A】ステレオカメラ2の配置状態の一例を示す図である。

10

【図2B】ステレオカメラ2の配置状態の一例を示す図である。

【図3】ターゲットマーク5の一例を示す図である。

【図4】ターゲットマーク5の3次元位置を計測する点Pの一例を示す。

【図5A】複数のカメラにより撮像される対象物の画像上の歪みについて一例を示す図である。

【図5B】複数のカメラにより撮像される対象物の画像上の歪みについて一例を示す図である。

【図6A】キャリブレーションする範囲内をアームの先端部分に取り付けられたターゲットマーク5を移動させる場合の軌道の一例を示す図である。

【図6B】キャリブレーションする範囲内をアームの先端部分に取り付けられたターゲットマーク5を移動させる場合の軌道の一例を示す図である。

20

【図6C】キャリブレーション範囲の一例を示す図である。

【図7】視覚センサ制御装置1の機能構成を示す機能ブロック図である。

【図8】視覚センサ制御装置1におけるCPU10の機能構成を示すブロック図である。

【図9】モデルパターンの一例を示す。

【図10】モデルパターンを生成するフローチャートを示す。

【図11】ステレオカメラ2のキャリブレーションの処理における視覚センサ制御装置1の処理を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0022】

30

以下、本発明の実施形態の一例について説明する。

本実施形態では、キャリブレーション装置として、視覚センサ制御装置を例示する。

図1は、視覚センサのキャリブレーションに関し、特に複数のカメラを備えるステレオカメラを使用したキャリブレーションを実施するためのロボットシステム1000の全体の構成図である。

図1に示すように、ロボットシステム1000は、2台のカメラ（第1のカメラ21及び第2のカメラ22）を備えるステレオカメラ2と、ステレオカメラ2により撮像される画像データを画像処理して3次元計測を行う視覚センサ制御装置1と、先端部にターゲットマーク5が取り付けられたアーム41を有するロボット4と、ロボット4を制御するロボット制御装置3と、を備える。ステレオカメラを構成するカメラは2台に限らず、2台以上であればよい。また、ステレオカメラを構成するそれぞれのカメラは単一のカメラとしても使用できることは言うまでもない。

40

【0023】

図2A及び図2Bは、ステレオカメラ2の配置状態を示す図である。ステレオカメラ2は、架台（図示せず）に固定される。第1のカメラ21及び第2のカメラ22は、図2Aに示すように平行に配置してもよい。また、図2Bに示すように、第1のカメラ21及び第2のカメラ22をそれぞれ傾けて配置してもよい。

なお、第1のカメラ21及び第2のカメラ22をそれぞれ傾けて配置することで、第1のカメラ21及び第2のカメラ22を平行に配置する場合に比較して、第1のカメラ21による撮像領域と第2のカメラ22による撮像領域との重なり領域を大きくとることが可

50

能となる。すなわち、ステレオカメラ 2 による 3 次元計測の可能な領域を、第 1 のカメラ 2 1 及び第 2 のカメラ 2 2 を平行に配置する場合に比較して、大きくとることができる。

逆に、第 1 のカメラ 2 1 及び第 2 のカメラ 2 2 をそれぞれ傾けて配置することで、第 1 のカメラ 2 1 及び第 2 のカメラ 2 2 を平行に配置する場合に比較して、第 1 のカメラ 2 1 により撮像される対象物（ターゲットマーク 5）と第 2 のカメラ 2 2 により撮像される対象物（ターゲットマーク 5）の画像上の歪みの差が大きくなる。

なお、第 1 のカメラ 2 1 及び第 2 のカメラ 2 2 の視野範囲、レンズ等を同じ構成にすることが望ましい。そうすることで、ターゲットマーク 5 の見え方が同じようになることが期待できる。

【 0 0 2 4 】

図 3 は、ターゲットマーク 5 の一例を示す図である。ターゲットマーク 5 は、この例に限定されない。ターゲットマーク 5 は任意の形状のものを使用できる。ただし、モデルパターンとして使用するターゲットマーク 5 の特徴が 2 次元平面上にあるようにすることが望ましい。

ターゲットマーク 5 として、例えば、紙やシールに印刷したものをロボット 4 のアームの先端に貼り付けるようにしてもよい。

アーム 4 1 の先端部分に取り付けられたターゲットマーク 5 について、ターゲットマーク 5 の 3 次元位置を計測する点が予め指定され、ロボット 4 の手先座標系における 3 次元での位置及び姿勢が予め求められているものとする。

図 4 にターゲットマーク 5 の 3 次元位置を計測する点 P の一例を示す。図 4 に示すように、ターゲットマーク 5 の 3 次元位置を計測する点 P を明示的に指定しない場合には、ターゲットマーク 5 の中心点を計測するようにしてもよい。

【 0 0 2 5 】

図 5 A 及び図 5 B に複数のカメラにより撮像される対象物の画像上の歪みについて一例を示す。図 5 A は、撮像される対象物の画像がそれぞれ、逆方向に歪んでいる例を示している。図 5 B は、撮像される対象物の画像のサイズが異なるため、ターゲットマーク 5 が画像上で異なるサイズで映っている例を示している。

【 0 0 2 6 】

ロボット制御装置 3 はロボット座標系におけるアーム 4 1 の先端の座標位置を現在位置として認識する。したがって、ロボット座標系におけるアーム 4 1 の先端の座標位置と、ターゲットマーク 5 のロボット 4 の手先座標系における既知の 3 次元での位置及び姿勢と、に基づいてロボット制御装置 3 は、アーム 4 1 を駆動制御した時のターゲットマーク 5 のロボット座標系における座標位置を常に認識することができる。

ロボット制御装置 3 は、全体を統括制御するための CPU（図示せず）を備え、外部機器インタフェース（図示せず）を介して、視覚センサ制御装置 1 が接続され、視覚センサ制御装置 1 にターゲットマーク 5 のロボット座標系における座標位置を送信したり、視覚センサ制御装置 1 における画像処理（例えば、ターゲットマーク 5 の検出処理等）によって得られた画像処理結果等を受信する。

【 0 0 2 7 】

ロボット制御装置 3 は、キャリブレーション実行時に、予め設定されたキャリブレーションする範囲（「キャリブレーション範囲」という）内でアーム 4 1 の先端に取り付けられたターゲットマーク 5 を移動させるようにアーム 4 1 を駆動制御する。この際、アーム 4 1 が設定されたキャリブレーション範囲を万遍なく移動することが望ましい。例えば、図 6 A 又は図 6 B に示す軌道をターゲットマーク 5 が移動するように制御してもよい。

【 0 0 2 8 】

ここで、キャリブレーション範囲とは、アーム 4 1 の先端部分に取り付けられたターゲットマーク 5 をキャリブレーション時に移動させる空間であって、第 1 のカメラ 2 1 又は第 2 のカメラ 2 2 の少なくともいずれかのカメラの撮像範囲内（画角内）に、移動させたターゲットマーク 5 が撮像される、当該ターゲットマーク 5 の移動範囲を指す。図 6 C にキャリブレーション範囲の一例を示す。

10

20

30

40

50

キャリブレーション範囲は、例えば、当該空間内の平面上に矩形で指定することができる。キャリブレーション範囲を矩形で指定する場合には、当該矩形の4隅のロボット座標系での座標位置を計測すればよい。また、アーム41の先端部分に取り付けられたターゲットマーク5が移動する空間上に障害物等が存在する場合には、当該障害物を避けるように、複数の線分により構成される閉じた図形によりキャリブレーション範囲を指定してもよい。

【0029】

また、ロボット制御装置3は、ロボット4のアーム41の先端に取り付けられたターゲットマーク5のロボット座標系における座標位置を計測する。すなわち、ターゲットマーク5の移動先のロボット座標系での座標位置を計測することができる。

10

【0030】

視覚センサ制御装置1には、第1のカメラ21及び第2のカメラ22を備えるステレオカメラ2が接続されており、第1のカメラ21及び第2のカメラ22によりターゲットマーク5を撮像し、第1のカメラ21及び第2のカメラ22のキャリブレーションを行う。このように、本実施例においては、視覚センサ制御装置1がキャリブレーション装置の機能を果たす。

【0031】

図7は、視覚センサ制御装置1の機能構成を示す機能ブロック図である。

視覚センサ制御装置1は、図7に示すように、全体を統括制御するためのCPU（中央演算処理装置）10を備えている。CPU10にはバス11を介して、複数のフレームメモリ12、ROM（読み出し専用メモリ）13、RAM（ランダムアクセスメモリ）14、不揮発性RAM15が接続されている。また、バス11には、カメラインタフェース16を介してステレオカメラ2（第1のカメラ21及び第2のカメラ22）が接続されると共に、モニタインタフェース17を介してモニタ19が接続されている。さらに、CPU10には、バス11を介して外部機器インタフェース18が接続されている。

20

【0032】

ROM13には、視覚センサ制御装置1で行われる様々な処理のためのプログラムが格納される。また、一般にRAMへのアクセスはROMへのアクセスよりも高速であることから、CPU10は、ROM13に格納されたプログラムを予めRAM14上に展開しておき、RAM14からプログラムを読み込んで実行してもよい。また、RAM14には、プログラムの実行時に必要な一時待避データが格納される。

30

不揮発性RAM15は、磁気記憶装置、フラッシュメモリ、MRAM、FRAM（登録商標）、EEPROM、又はバッテリーでバックアップされるSRAM若しくはDRAM等であり、視覚センサ制御装置1の電源がオフされても記憶状態が保持される不揮発性メモリとして構成される。不揮発性RAM15には、プログラム実行時に必要な設定などが記憶される。

フレームメモリ12には画像データが格納される。

【0033】

[モデルパターンについて]

不揮発性RAM15は、基準情報記憶部151と、検出結果記憶部152と、を備える。

40

基準情報記憶部151は、対象物（ターゲットマーク5）を表す基準情報（「モデルパターン」又は「テンプレート」ともいう）を記憶する。基準情報としては、例えば対象物（ターゲットマーク5）のエッジ点からなる集合（「エッジ点群」ともいう）を採用してもよい。エッジ点とは、画像上での輝度変化が大きな点である。

例えば、対象物（ターゲットマーク5）に公知のSobelフィルタをかけてエッジ画像へ変換し、エッジ画像中から予め定められた閾値以上の強度を有する画素（エッジ点）を抽出し、エッジ点群とすることができる。このように、検出すべき対象物（ターゲットマーク5）を含む画像から抽出したエッジ点群をモデルパターンとして基準情報記憶部221に記憶しておく。

50

なお、モデルパターンはエッジ点に限定されない。例えば、公知の S I F T のような特徴点を使用してもよい。また、対象物（ターゲットマーク 5）の輪郭線に合うように線分、矩形、円などの幾何図形を配置することでモデルパターンを生成してもよい。その場合、輪郭線を構成する幾何図形上に適当な間隔で特徴点を設ければよい。または、モデルパターンは、ターゲットマーク 5 を撮像した画像からモデルパターン指定領域の箇所を切り抜いたテンプレート画像でもよい。

また、前述したように、アーム 4 1 の先端に取り付けられたターゲットマーク 5 の 3 次元位置を計測する点 P が予め指定され、ロボット 4 の手先座標系における 3 次元での位置及び姿勢を予め求められているものとする。

このように生成されたモデルパターンを基準情報記憶部 1 5 1 に予め記憶することを、
「モデルパターンを教示する」ともいう。

モデルパターンの教示については後述する。

【 0 0 3 4 】

検出結果記憶部 1 5 2 は、ターゲットマーク 5 を設定されたキャリブレーションする範囲を移動させた場合、それぞれの移動先において、教示されたモデルパターンを使用して第 1 のカメラ 2 1 及び第 2 のカメラ 2 2 により撮像される画像データからターゲットマーク 5 を検出した結果を記憶する。

【 0 0 3 5 】

第 1 のカメラ 2 1 及び第 2 のカメラ 2 2 は、それぞれ C P U 1 0 からの指令に従って、対象物を撮像して画像を取得し、取得した画像に関する信号を出力する。カメラインタフェース 1 6 は、C P U 1 0 からの指令に従って第 1 のカメラ 2 1 及び第 2 のカメラ 2 2 に対して露光のタイミングを制御するための同期信号を発生する機能や、第 1 のカメラ 2 1 及び第 2 のカメラ 2 2 から受信した信号を増幅する機能を有している。このような第 1 のカメラ 2 1 及び第 2 のカメラ 2 2 やカメラインタフェース 1 6 は市販される一般的なものであり、特に限定されるものではない。

【 0 0 3 6 】

第 1 のカメラ 2 1 及び第 2 のカメラ 2 2 から取り込まれた画像に関する信号は、カメラインタフェース 1 6 において A / D 変換され、バス 1 1 を介してデジタル画像データとしてフレームメモリ 1 2 に一時的に格納される。視覚センサ制御装置 1 では、フレームメモリ 1 2、ROM 1 3、RAM 1 4 及び不揮発性 RAM 1 5 に格納されているデータを用いて C P U 1 0 が画像処理を行い、画像処理の結果データが再度フレームメモリ 1 2 に格納される。C P U 1 0 は、指令により、フレームメモリ 1 2 に格納されているデータをモニタインタフェース 1 7 に転送してモニタ 1 9 上に表示させ、オペレータなどがデータの内容を確認することを可能にさせるようにしてもよい。

【 0 0 3 7 】

外部機器インタフェース 1 8 は様々な外部機器に接続される。例えば、外部機器インタフェース 1 8 にはロボット制御装置 3 が接続され、ロボット制御装置 3 からターゲットマーク 5 のロボット座標系における座標位置を受けたり、画像処理によって得られた位置情報データ等をロボット制御装置 3 に供給する。また、外部機器インタフェース 1 8 には、オペレータのための入力装置（図示せず）としてキーボードやマウスなどを接続してもよい。

【 0 0 3 8 】

次に、C P U 1 0 の有する機能を各処理部の観点から説明する。なお、各処理ステップ（方法）の観点に基づく説明は、「部」を「ステップ」に置き換えることで説明できるため、省略する。

図 8 は、視覚センサ制御装置 1 における C P U 1 0 の機能構成を示すブロック図である。

C P U 1 0 は、撮像制御部 1 0 0 と、モデルパターン生成部 1 0 1 と、第 1 パラメータ設定部 1 0 2 と、第 1 検出部 1 0 3 と、第 2 パラメータ設定部 1 0 4 と、第 2 検出部 1 0 5 と、キャリブレーション部 1 0 6 と、を備える。

これらの各機能部は、ROM 13に格納されたシステムプログラムをCPU 10が実行することにより実現される。

【0039】

[撮像制御部 100]

撮像制御部 100 は、ロボット 4 によりキャリブレーションする範囲内を移動させられるロボット 4 のアーム 41 の先端に取り付けられたターゲットマーク 5 を第 1 のカメラ及び第 2 のカメラにより撮像する。特に、キャリブレーション時にはターゲットマーク 5 を複数の移動先の位置で撮像する。ここで複数の移動先の個数としては、キャリブレーションができるだけの最小個数より大きな個数（例えば、20 以上）とすることが望ましい。そうすることで、キャリブレーションの精度を高めることが可能となる。

10

【0040】

[モデルパターン生成部 101]

モデルパターン生成部 101 は、例えば第 1 のカメラ 21 により、モデルパターンを生成する。

図 9 にモデルパターンの一例を示す。また、図 10 にモデルパターンを生成するフローチャートを示す。モデルパターン生成部 101 は、図 9 に示すようなモデルパターンを生成する。図 10 を参照しながら、モデルパターン生成部 101 の機能を説明する。

【0041】

ステップ S1 において、モデルパターン生成部 101 は、第 1 のカメラ 21 の視野内に配置されたターゲットマーク 5 を第 1 のカメラ 21 により撮像する制御を行う。なお、このときの第 1 のカメラ 21 とターゲットマーク 5 の位置関係は、ターゲットマーク 5 を検出するときと同じになるようにして行うことが望ましい。

20

【0042】

ステップ S2 において、モデルパターン生成部 101 は、ターゲットマーク 5 を撮像した画像において、ターゲットマーク 5 が写った領域を矩形、円形等によりモデルパターン指定領域として設定するとともに、モデルパターン指定領域内にモデルパターン座標系を定義する。なお、モデルパターン生成部 101 は、オペレータにより指示された領域をモデルパターン指定領域として設定してもよい。また、モデルパターン生成部 101 が、画像における輝度勾配の大きい個所をターゲットマーク 5 の像の輪郭として算出して、当該ターゲットマーク 5 の像の輪郭を内部に含むように、モデルパターン指定領域を設定してもよい。

30

【0043】

ステップ S3 において、モデルパターン生成部 101 は、モデルパターン指定領域内でエッジ点を特徴点として抽出し、エッジ点の位置、輝度勾配の方向、輝度勾配の大きさなどの物理量を求め、モデルパターン指定領域内に定義されたモデルパターン座標系で表現される値に変換する。

また、モデルパターン生成部 101 は、オペレータにより指示された点を、ターゲットマーク 5 の 3 次元位置を計測する点 P として設定し、基準情報記憶部 151 に記憶する。なお、モデルパターン生成部 101 は、例えば、モデルパターンの中心点を、ターゲットマーク 5 の 3 次元位置を計測する点 P として設定してもよい。

40

なお、前述したように、モデルパターンはエッジ点に限定されない。例えば、公知の SIFT のような特徴点を使用してもよい。また、対象物（ターゲットマーク 5）の輪郭線に合うように線分、矩形、円などの幾何図形を配置することでモデルパターンを生成してもよい。その場合、輪郭線を構成する幾何図形上に適当な間隔で特徴点を設ければよい。または、モデルパターンは、ターゲットマーク 5 を撮像した画像からモデルパターン指定領域の箇所を切り抜いたテンプレート画像でもよい。

【0044】

ステップ S4 において、モデルパターン生成部 101 は、生成したモデルパターンを基準情報記憶部 151 に記憶する。

以上のように、モデルパターンは、一方のカメラ（第 1 のカメラ 21）により撮像され

50

る画像を使って生成される。第2のカメラ22に対するモデルパターンとしては、第1のカメラにより撮像される画像を使って生成されたモデルパターンを流用する。

【0045】

次に、基準情報記憶部151に記憶されたモデルパターンを使用して、第1のカメラ21により撮像される画像データからターゲットマーク5を検出する際の問題点について説明する。

【0046】

キャリブレーション時において、第1のカメラ21によるターゲットマーク5の画像の撮影環境がそれぞれ異なることが想定される。撮影環境の違いとしては、例えば、移動先の位置の違いより第1のカメラ21とターゲットマーク5の相対位置関係が変わる。このため、第1のカメラ21によるアーム41の先端部分に取り付けられたターゲットマーク5の撮像される画像は、キャリブレーションする範囲内におけるターゲットマーク5の移動先によって、モデルパターン生成部101により生成されたモデルパターンとはその大きさが異なったり、明るさが異なったり、回転やひずみの生じたアピアランスの相違するものになることがある。このため、モデルパターンと完全に一致するものを検出しようとした場合、第1のカメラ21により撮像される画像データから対象物（ターゲットマーク5）を検出することができないという状況が発生しうる。

【0047】

[第1パラメータ設定部102]

このような状況においても、第1のカメラ21により撮像される画像データから、キャリブレーションする範囲内におけるターゲットマーク5の移動先に関わらず、モデルパターンを検出することができるように、第1パラメータ設定部102は、第1のカメラ21により撮像される画像データからターゲットマーク5のモデルパターンを検出するための第1パラメータを設定する。

より具体的には、第1パラメータ設定部102により設定される第1パラメータは、検出アルゴリズムに依存するものであり、例えば、モデルに対するサイズ、回転、歪み、検出する位置の範囲、角度の範囲等の所定の範囲を有するように構成したり、単一の数値やオンオフ値で構成したりすることができる。なお、第1パラメータは、ここで例示したものに限らない。

そうすることで、ターゲットマーク5の移動先に関わらず、モデルパターンを検出することができるように、後述の第1検出部103は、撮像データから、単一の数値やオンオフ値又は所定の範囲内のパラメータの値でモデルパターンと一致するものを検出できるように構成する。そうすることで、適切なパラメータの値を適用することにより、撮像データからモデルパターンを検出することができる。

第1パラメータは、第1のカメラ21により撮像される画像データに適用されるパラメータとしてもよい。この場合、第1検出部103は、第1のカメラ21により撮像される画像データに第1パラメータを適用した画像データから、ターゲットマーク5のモデルパターンを検出するように構成される。例えば、画像データにガウシアンフィルタを掛けて平滑化した画像データからモデルパターンを検出できる。

また、第1パラメータは、ターゲットマーク5のモデルパターンに適用されるパラメータとしてもよい。この場合、第1検出部103は、第1のカメラ21により撮像される画像データから、第1パラメータを適用したモデルパターンによりターゲットマーク5を検出するように構成される。

【0048】

第1パラメータ設定部102が設定する第1パラメータの一つとして、例えば、射影変換、アフィン変換、相似変換等の変換行列をモデルパターンに適用してもよい。

例えば、第1パラメータの値を単一の数値で構成した場合には、単一の変換行列を選択し、第1パラメータの値を所定の範囲を有するように構成した場合には、所定の範囲の変換行列を選択可能とするようにすることができる。具体的には、所定の範囲を有するように第1パラメータを構成したときには、例えば、射影変換行列の場合、1つの射影変換行

10

20

30

40

50

列に基づいて、当該射影変換行列のそれぞれの要素との偏差が所定の閾値以下になるような射影変換行列をパラメータの範囲に含むように構成してもよいし、回転の場合には、1つの回転角度に基づいて、回転角度の範囲を設定してもよい。また、相似変換についても同様に、1つの相似比に基づいて、相似比の範囲を設定してもよい。

こうすることで、例えば、ターゲットマーク5の移動先が異なることによるターゲットマーク5のアピアランスの相違にロバストな検出を可能とすることができる。

なお、露光時間についても、例えば、第1のカメラ21とターゲットマーク5の置かれる平面との角度、照明との関係等により、パラメータの値を設定することが望ましい。

【0049】

[第1検出部103]

第1検出部103は、第1のカメラ21により撮像される画像データからターゲットマーク5を検出し、検出されたターゲットマーク5の第1のカメラ21の画像座標系における座標位置を計測する。

具体的には、第1検出部103は、単一の数値、オンオフ値又は第1パラメータの所定の範囲からパラメータを選択する。なお、パラメータを所定の範囲から選択する際には、例えば、パラメータ範囲の値のなかで中心となる値を最初に選択してもよい。その後、例えば、中心の値から、プラスマイナスの方にそれぞれ、ずらしながら、次のパラメータを選択するようにしてもよい。

【0050】

第1検出部103は、前述したように第1パラメータが第1のカメラ21による撮像される画像データに適用されるパラメータの場合、単一の数値、オンオフ値又はパラメータの所定の範囲からパラメータを選択した後に、第1のカメラ21により撮像される画像データからターゲットマーク5を検出することができるように、当該パラメータにより、画像データを変換する。そうすることで、第1検出部103は、公知の検出手法により、変換後の画像データからターゲットマーク5を検出することができる。

【0051】

具体的には、第1検出部103は、第1パラメータを適用した画像データから、教示されたモデルパターンの特徴点を抽出したのと同じ方法で特徴点を抽出し、特徴点とモデルパターンを構成する特徴点との間で公知のマッチングを行うことで、ターゲットマーク5を検出する。

【0052】

また、逆に、第1検出部103は、ターゲットマーク5のモデルパターンを当該パラメータにより変換するようにしてもよい。この場合、第1検出部103は、前述した公知の検出手法により、撮像データから変換後のモデルパターンと一致するターゲットマーク5を検出することができる。

具体的には、第1検出部103は、第1のカメラ21によって撮像される画像データから、教示されたモデルパターンの特徴点を抽出したのと同じ方法で特徴点を抽出し、特徴点と当該パラメータを適用したモデルパターンの特徴点との間で公知のマッチングを行うことで、ターゲットマーク5を検出する。

第1検出部103は、検出されたターゲットマーク5の第1のカメラ21の画像座標系における座標位置を計測する。

【0053】

[第2パラメータ設定部104]

次に、第1のカメラ21により生成されたターゲットマーク5のモデルパターンを使用して、第2のカメラ22により撮像される画像データから当該モデルパターンを検出するための第2パラメータを設定する第2パラメータ設定部104について説明する。

第2パラメータ設定部104は、第2のカメラ22による撮像される画像データからターゲットマーク5のモデルパターンを検出するための第2パラメータを第1パラメータ設定部102により設定された第1パラメータに基づいて設定する。

より具体的には、第2パラメータ設定部104は、第2パラメータの値を初期設定する

10

20

30

40

50

際に第 1 パラメータをそのまま使用する。

または、第 2 パラメータの値を初期設定する際に、例えば、第 2 パラメータを所定の範囲とする場合には、第 2 パラメータ設定部 104 は、第 1 パラメータの範囲と同一の範囲を設定したり、第 2 パラメータの範囲が、第 1 パラメータ設定部 102 により設定される第 1 パラメータの所定の範囲を含む広い範囲として設定することができる。このような場合には、後述する第 2 検出部 105 により、ある第 2 パラメータの値を適用することで、第 2 のカメラ 22 により撮像される画像データからターゲットマーク 5 のモデルパターンを検出することができた場合、第 2 パラメータ設定部 104 は、当該第 2 パラメータを中心として、第 1 パラメータの所定の範囲における中心値からの偏差に基づいて、第 2 パラメータの値の範囲を設定し直すことができる。

10

例えば、第 1 のカメラ 21 に対して第 1 パラメータにより、サイズの範囲を 0.9 から 1.1 に設定していた場合、中心値は 1.0 であって、第 1 パラメータの所定の範囲における中心値からの偏差は 0.1 となる。

他方、第 2 のカメラ 22 の対象物（ターゲットマーク 5）について、第 2 のカメラ 22 において第 2 パラメータにおけるサイズを 0.95 とすることで対象物（ターゲットマーク 5）を最初に検出することができた場合、第 2 パラメータの中心値を 0.95 とし、第 1 パラメータの偏差を第 2 パラメータに指定する。すなわち、第 2 パラメータの値の範囲は、中心値を 0.95 とする範囲 [0.85 ~ 1.05] に設定する。

このように、第 2 パラメータの値の範囲を初期設定時の範囲を見直すことが可能となり、第 2 のカメラ 22 の撮像データからのモデルパターンの検出をより効率的に実施することが可能となる。

20

【0054】

[第 2 検出部 105]

第 2 検出部 105 は、第 2 のカメラ 22 により撮像される画像データからターゲットマークのモデルパターンを検出し、検出されたターゲットマーク 5 の第 2 のカメラ 22 の画像座標系における座標位置を計測する。

なお、第 2 検出部 105 の検出処理については、前述した第 1 検出部 103 の検出処理の説明において、第 1 のカメラ 21、第 1 パラメータ設定部 102 及び第 1 パラメータをそれぞれ、第 2 のカメラ 22、第 2 パラメータ設定部 104、及び第 2 パラメータに読み替えることで説明できるため、省略する。

30

【0055】

[キャリブレーション部 106]

キャリブレーション部 106 は、ロボット制御装置 3 により移動させられた、ロボット 4 のアーム 41 の先端に取り付けられたターゲットマーク 5 の複数の移動先における、第 1 のカメラ 21 により撮像される画像データ中のターゲットマーク 5 の第 1 のカメラ 21 の画像座標系における座標位置と、第 2 のカメラ 22 により撮像される画像データ中のターゲットマーク 5 の第 2 のカメラ 22 の画像座標系における座標位置と、第 1 のカメラ 21 又は第 2 のカメラ 22 により撮像される時のターゲットマーク 5 のロボット座標系における座標位置と、を検出結果記憶部 152 に記憶する。

キャリブレーション部 106 は、検出結果記憶部 152 に記憶された、ターゲットマーク 5 の第 1 のカメラ 21 の画像座標系における座標位置と、ターゲットマーク 5 の第 2 のカメラ 22 の画像座標系における座標位置と、第 1 のカメラ 21 及び第 2 のカメラ 22 により撮像される時のターゲットマーク 5 のロボット座標系における座標位置と、に基づいて第 1 のカメラ 21 及び第 2 のカメラ 22 のキャリブレーションを行う。第 1 のカメラ 21 と第 2 のカメラ 22 は個別にキャリブレーションできることは言うまでもない。

40

【0056】

図 11 は、本実施形態に係る第 1 のカメラ 21 及び第 2 のカメラ 22 を備えるステレオカメラ 2 のキャリブレーション処理における視覚センサ制御装置 1（CPU 10）の処理を示すフローチャートである。なお、キャリブレーションする範囲は予め設定されているものとする。

50

【 0 0 5 7 】

ステップ S 1 1 において、CPU 1 0 (モデルパターン生成部 1 0 1) は、オペレータの操作により、第 1 のカメラ 2 1 によりモデルパターンを生成する。

【 0 0 5 8 】

ステップ S 1 2 において、CPU 1 0 (第 1 パラメータ設定部 1 0 2) は、オペレータの指定により、第 1 のカメラ 2 1 に対する第 1 パラメータを設定する。

【 0 0 5 9 】

ステップ S 1 3 において、CPU 1 0 (第 2 パラメータ設定部 1 0 4) は、第 2 のカメラ 2 2 による撮像される画像データからターゲットマーク 5 のモデルパターンを検出するための第 2 パラメータを第 1 パラメータ設定部 1 0 2 により設定された第 1 パラメータに基づいて設定する。

10

【 0 0 6 0 】

ステップ S 1 4 において、CPU 1 0 (キャリブレーション部 1 0 6) は、計測回数をカウントするための計測カウンタに 1 を設定する。

【 0 0 6 1 】

ステップ S 1 5 において、CPU 1 0 (キャリブレーション部 1 0 6) は、ロボット制御装置 3 により計測されたターゲットマーク 5 のロボット座標系における 3 次元座標位置を取得する。

【 0 0 6 2 】

ステップ S 1 6 において、CPU 1 0 (第 1 検出部 1 0 3) は、第 1 のカメラ 2 1 により撮像される画像データから、ターゲットマーク 5 を検出し、検出されたターゲットマーク 5 の第 1 のカメラ 2 1 の画像座標系における座標位置を計測する。

20

【 0 0 6 3 】

ステップ S 1 7 において、CPU 1 0 (第 2 検出部 1 0 5) は、第 2 のカメラ 2 2 により撮像される画像データから、ターゲットマーク 5 を検出し、検出されたターゲットマーク 5 の第 2 のカメラ 2 2 の画像座標系における座標位置を計測する。

【 0 0 6 4 】

ステップ S 1 8 において、CPU 1 0 (キャリブレーション部 1 0 6) は、現在位置におけるターゲットマーク 5 のロボット座標系における 3 次元座標位置、第 1 のカメラ 2 1 の画像座標系における座標位置、及び第 2 のカメラ 2 2 の画像座標系における座標位置を関係付ける。

30

【 0 0 6 5 】

ステップ S 1 9 において、CPU 1 0 (キャリブレーション部 1 0 6) は、計測回数をカウントするための計測カウンタに 1 を加算する。

【 0 0 6 6 】

ステップ S 2 0 において、計測カウンタが所定の値を超えない場合 (No)、ステップ S 2 1 に移る。計測カウンタが所定の値を超える場合 (Yes)、ステップ S 2 2 に移る。

【 0 0 6 7 】

ステップ S 2 1 において、ロボット制御装置 3 は、ロボット 4 のアーム 4 1 の先端に取り付けられたターゲットマーク 5 を、予め設定されたキャリブレーションする範囲内の第 1 のカメラ 2 1 又は第 2 のカメラ 2 2 から計測できる場所に移動する。その後、ステップ S 1 5 に移る。

40

【 0 0 6 8 】

ステップ S 2 2 において、CPU 1 0 (キャリブレーション部 1 0 6) は、ステップ 1 8 において記憶された、ターゲットマーク 5 のロボット座標系における 3 次元座標位置、第 1 のカメラ 2 1 の画像座標系における座標位置及び第 2 のカメラ 2 2 の画像座標系における座標位置の関係に基づいて、第 1 のカメラ 2 1 と第 2 のカメラ 2 2 のキャリブレーションを実行する。

【 0 0 6 9 】

50

なお、本処理フローは一例であり、これに限定されない。

【0070】

本実施形態によれば、視覚センサ制御装置1は、ロボット4により移動させられるロボット4に取り付けられたターゲットマーク5を、複数の移動先で第1のカメラ21及び第2のカメラ22により撮像する撮像制御部100と、第1のカメラ21による撮像される画像データからターゲットマーク5のモデルパターンを検出するための第1パラメータを設定する第1パラメータ設定部102と、第2のカメラ22による撮像される画像データからターゲットマーク5のモデルパターンを検出するための第2パラメータを第1パラメータ設定部102により設定された第1パラメータに基づいて設定する第2パラメータ設定部104と、を備える。

10

これにより、ステレオカメラ2のような複数のカメラをキャリブレーションする際に、例えば、第1のカメラ21に対してのみ、第1パラメータを設定し、第2のカメラ22に対しては、第2パラメータ設定部104により、第1パラメータに基づいて第2パラメータが設定されるため、複数のカメラ毎にモデルパターンの作成及びターゲットマークを検出するためのパラメータ設定を行わずに済むことができ、効率が向上する。

【0071】

ターゲットマーク5は、ロボット4のアーム先端に取り付けられ、ロボット4の手先座標系における3次元での位置及び姿勢が予め求められる。

これにより、種々のターゲットマーク5を検出することができる。

【0072】

20

第1パラメータ及び第2パラメータは、単一の数値、オンオフ値、又は範囲を有するパラメータを含む。

これにより、種々のターゲットマーク5を検出することができる。

【0073】

第2パラメータ設定部104により初期設定される第2パラメータは、第1パラメータ設定部102により設定される第1パラメータで第1のカメラ21により撮像される画像データから検出できるターゲットマークは全て、第2のカメラ22により撮像される画像から検出できるように設定される。

これにより、種々のターゲットマーク5を検出することができる。

【0074】

30

第2パラメータ設定部104は、第1パラメータが所定の範囲を有する場合には、第2パラメータの範囲として、第2のカメラ22により撮像される画像データからターゲットマーク5を検出することができたときに用いた当該第2パラメータの値を中心として、当該第1パラメータの所定の範囲における中心値からの偏差の大きさの範囲に設定する。

これにより、第2のカメラ22により撮像される画像データからロボット4に取り付けられたターゲットマーク5を検出する処理を効率化することができる。

【0075】

また、第1パラメータ及び第2パラメータは、それぞれ、ターゲットマーク5のモデルパターン、サイズ、及び変形に関するパラメータを含む。

これにより、第2のカメラ22により撮像される画像データからロボット4に取り付けられたターゲットマーク5を検出する処理を効率化することができる。

40

【0076】

また、第1パラメータ及び第2パラメータは、それぞれターゲットマーク5のモデルパターンに適用されるパラメータとすることができる。

また、第1パラメータ及び第2パラメータは、それぞれ第1のカメラ21による撮像される画像データ及び第1のカメラ21による撮像される画像データに適用されるパラメータとすることができる。

これにより、種々のターゲットマーク5を検出することができる。

【0077】

本実施形態におけるキャリブレーション方法は、ロボット4により移動させられるロボ

50

ット４に取り付けられたターゲットマーク５を、複数の移動先で第１のカメラ２１及び第２のカメラ２２により撮像する撮像制御ステップと、第１のカメラ２１による撮像される画像データからターゲットマーク５のモデルパターンを検出するための第１パラメータを設定する第１パラメータ設定ステップと、第２のカメラ２２による撮像される画像データからターゲットマーク５のモデルパターンを検出するための第２パラメータを第１パラメータ設定ステップにより設定された第１パラメータに基づいて設定する第２パラメータ設定ステップと、を備える。

これにより、視覚センサ制御装置１と同様の効果を奏する。

【００７８】

本実施形態におけるプログラムはロボット４により移動させるロボット４に取り付けられたターゲットマーク５を、複数の移動先で第１のカメラ２１及び第２のカメラ２２により撮像する撮像制御ステップと、第１のカメラ２１により撮像される画像データからターゲットマーク５を検出するための第１パラメータを設定する第１パラメータ設定ステップと、第２のカメラ２２により撮像される画像データからターゲットマーク５を検出するための第２パラメータを第１パラメータ設定ステップにより設定された第１パラメータに基づいて設定する第２パラメータ設定ステップをコンピュータに実行させる。

これにより、視覚センサ制御装置１と同様の効果を奏する。

【００７９】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は前述した実施形態に限るものではない。また、本実施形態に記載された効果は、本発明から生じる最も好適な効果を列挙したに過ぎず、本発明による効果は、本実施形態に記載されたものに限定されるものではない。

本実施形態においては、キャリブレーション装置として、視覚センサ制御装置１を適用したが、これに限定されない。視覚センサ制御装置１とロボット制御装置３とを一体とする制御装置として、キャリブレーション装置としてもよい。また、キャリブレーション装置として、情報処理装置（コンピュータ）全般を指すことができる。キャリブレーション装置には、例えば、サーバ、ＰＣ、各種制御装置などを適用してもよい。

【００８０】

視覚センサ制御装置１によるキャリブレーション方法は、ソフトウェアにより実現される。ソフトウェアによって実現される場合には、このソフトウェアを構成するプログラムが、コンピュータ（視覚センサ制御装置１）にインストールされる。また、これらのプログラムは、リムーバブルメディアに記録されてユーザに配布されてもよいし、ネットワークを介してユーザのコンピュータにダウンロードされることにより配布されてもよい。

【符号の説明】

【００８１】

１０００ ロボットシステム

１ 視覚センサ制御装置

１０ ＣＰＵ

１００ 撮像制御部

１０１ モデルパターン生成部

１０２ 第１パラメータ設定部

１０３ 第１検出部

１０４ 第２パラメータ設定部

１０５ 第２検出部

１０６ キャリブレーション部

１１ バス

１２ フレームメモリ

１３ ＲＯＭ

１４ ＲＡＭ

１５ 不揮発性ＲＡＭ

10

20

30

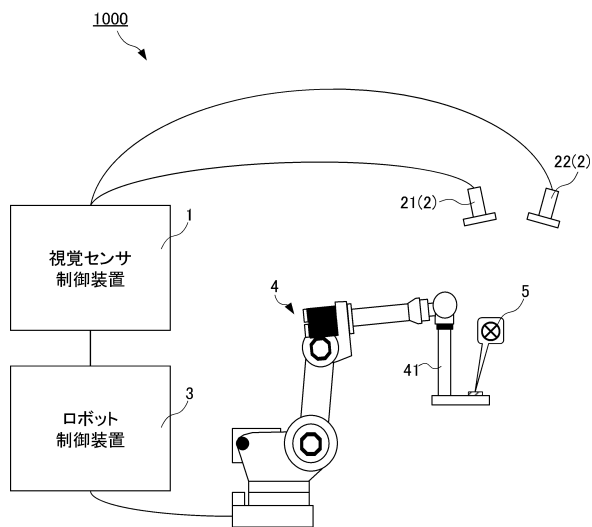
40

50

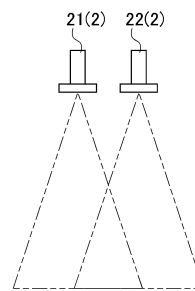
- 1 5 1 基準情報記憶部
- 1 5 2 検出結果記憶部
- 1 6 カメラインタフェース
- 1 7 モニタインタフェース
- 1 8 外部機器インタフェース
- 1 9 モニタ
- 2 ステレオカメラ
- 2 1 第 1 のカメラ
- 2 2 第 2 のカメラ
- 3 ロボット制御装置
- 4 ロボット
- 4 1 アーム
- 5 ターゲットマーク

10

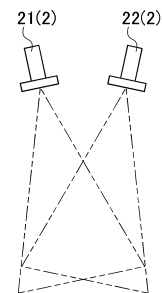
【図 1】



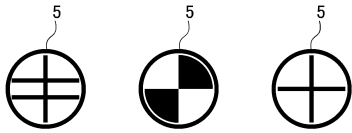
【図 2 A】



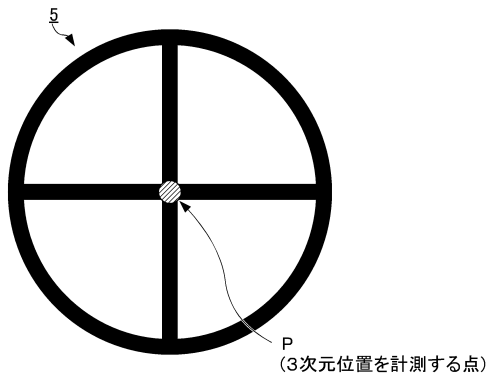
【図 2 B】



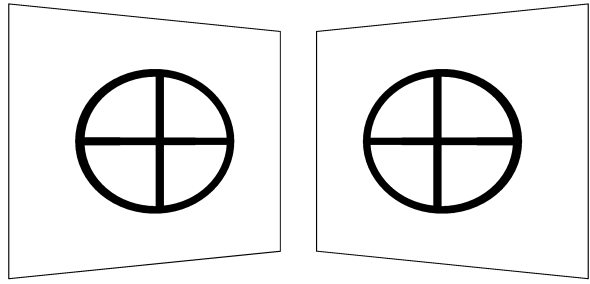
【図 3】



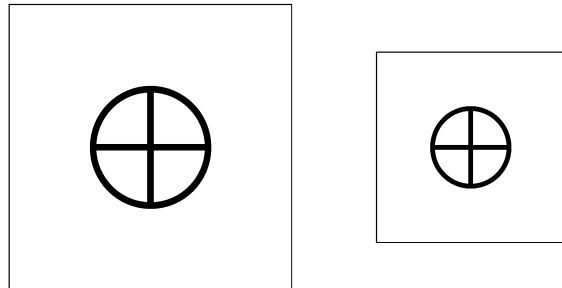
【図 4】



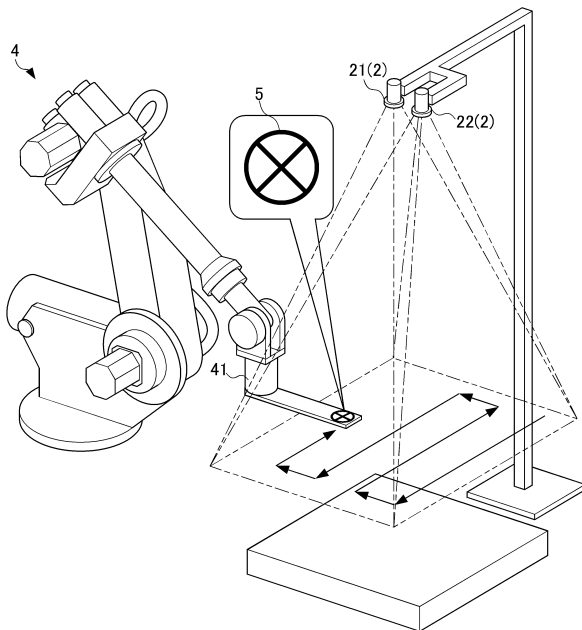
【図 5 A】



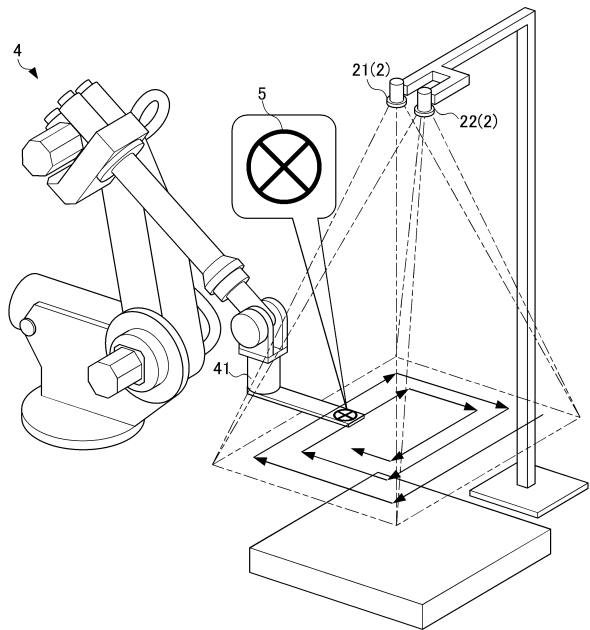
【図 5 B】



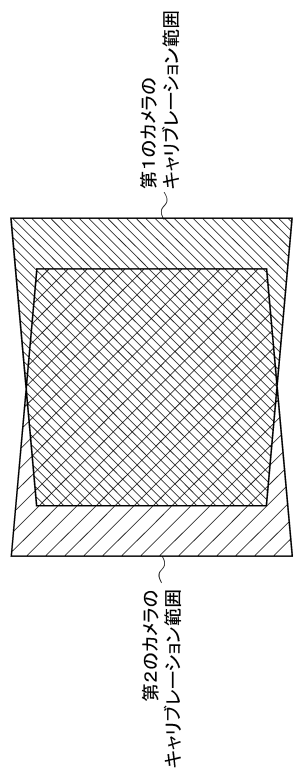
【図 6 A】



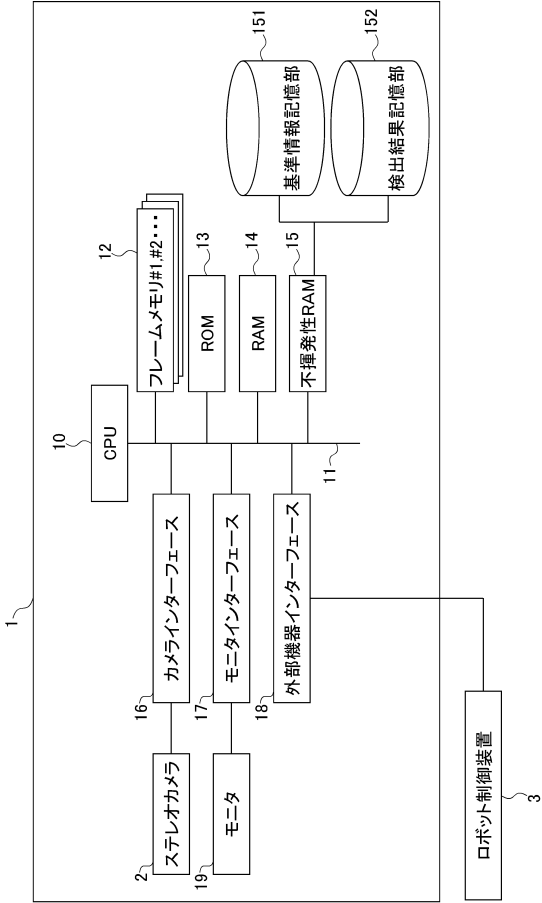
【図 6 B】



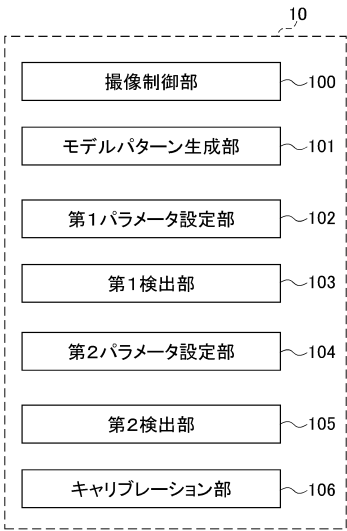
【図 6 C】



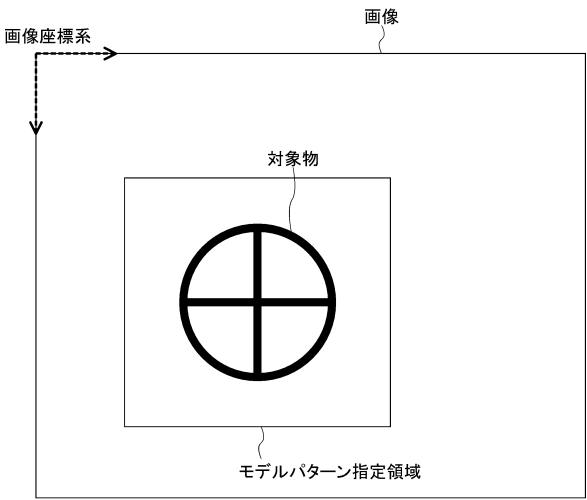
【図 7】



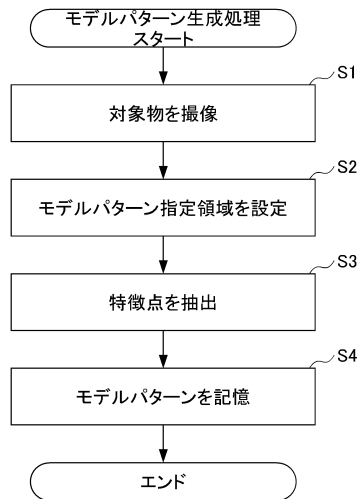
【図 8】



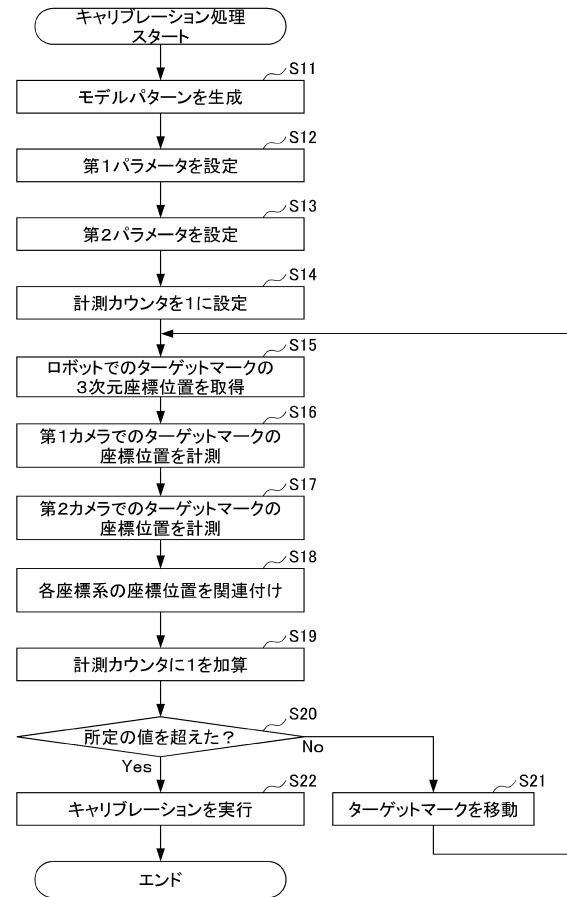
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(72)発明者 藁科 文和

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内

審査官 稲垣 浩司

(56)参考文献 特許第2690603(JP, B2)

特開2015-174191(JP, A)

特開2010-172986(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B25J 1/00 - 21/02