

(11)特許出願公開番号

特開2017-78877

(P2017-78877A)

(43) 公開日 平成29年4月27日(2017.4.27)

(51) Int. Cl.	F 1	テーマコード (参考)
G06T 7/60 (2017.01)	G06T 7/60 150B	3C707
B25J 19/04 (2006.01)	B25J 19/04	5L096
G06T 7/00 (2017.01)	G06T 7/00 T	

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 36 頁)

(21) 出願番号 特願2015-205301 (P2015-205301)
(22) 出願日 平成27年10月19日 (2015.10.19)

(71) 出願人 000002369
セイコーエプソン株式会社
東京都新宿区新宿四丁目1番6号

(74) 代理人 100116665
弁理士 渡辺 和昭

(74) 代理人 100164633
弁理士 西田 圭介

(74) 代理人 100179475
弁理士 仲井 智至

(72) 発明者 稲積 満広
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

Fターム(参考) 3C707 BS26 KT02 KT04 KT05 KT11
LT06 MT02 MT04
5L096 EA43 FA62 FA69 GA51 HA07

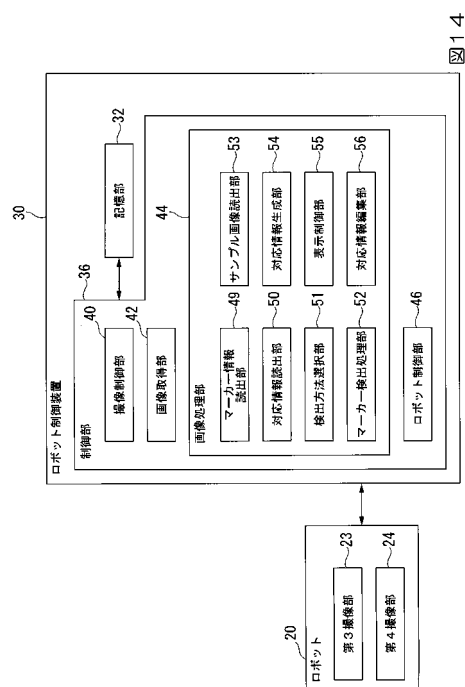
(54) 【発明の名称】 画像処理装置、ロボット、及びロボットシステム

(57) 【要約】

【課題】マーカーの検出精度の向上と、マーカーの検出時間の短縮とを両立することができる画像処理装置を提供すること。

【解決手段】マーカーが撮像された画像から、マーカーを検出する画像処理装置であって、前記マーカーを、複数のマーカー検出方法により検出可能であり、前記複数のマーカー検出方法のうちの一つの前記マーカー検出方法によって、前記マーカーを検出する、画像処理装置。

【選択図】図 1 4



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

マーカ―が撮像された画像から、マーカ―を検出する画像処理装置であって、
前記マーカ―を、複数のマーカ―検出方法により検出可能であり、前記複数のマーカ―
検出方法のうちの一つの前記マーカ―検出方法によって、前記マーカ―を検出する、
画像処理装置。

【請求項 2】

前記マーカ―は、第 1 マーカ―と第 2 マーカ―を含み、
前記第 1 マーカ―の前記マーカ―検出方法と、前記第 2 マーカ―の前記マーカ―検出方
法とは異なる、
請求項 1 に記載の画像処理装置。

10

【請求項 3】

前記複数のマーカ―検出方法は、前記画像から前記マーカ―を検出するための閾値を所
定範囲で変化させて前記マーカ―を検出する第 1 検出方法を含む、
請求項 1 又は 2 に記載の画像処理装置。

【請求項 4】

前記複数のマーカ―検出方法は、前記画像から前記マーカ―を検出するための閾値とし
て、最尤推定により求められた値を用いて前記マーカ―を検出する第 2 検出方法を含む、
請求項 1 から 3 のうちいずれか一項に記載の画像処理装置。

【請求項 5】

前記複数のマーカ―検出方法は、前記画像から前記マーカ―を検出するための閾値とし
て、予め定められた値を用いて前記マーカ―を検出する第 3 検出方法を含む、
請求項 1 から 4 のうちいずれか一項に記載の画像処理装置。

20

【請求項 6】

前記閾値は、前記画像を二値化する閾値である、
請求項 3 から 5 のうちいずれか一項に記載の画像処理装置。

【請求項 7】

前記閾値は、前記画像の色を判定する閾値である、
請求項 3 から 6 のうちいずれか一項に記載の画像処理装置。

【請求項 8】

前記マーカ―と、前記マーカ―検出方法とを対応づけたテーブルに基づいて、前記マー
カーを検出する、
請求項 1 から 7 のうちいずれか一項に記載の画像処理装置。

30

【請求項 9】

前記画像に含まれる前記マーカ―と、前記画像とは撮像条件が異なる画像に含まれる前
記マーカ―とに基づいて、前記マーカ―検出方法を決定する、
請求項 1 から 8 のうちいずれか一項に記載の画像処理装置。

【請求項 10】

前記画像に含まれる前記マーカ―を検出するための閾値と、前記画像とは撮像条件が異
なる画像に含まれる前記マーカ―を検出するための閾値とを表示部に表示させ、前記マー
カー検出方法を編集可能である、
請求項 1 から 9 のうちいずれか一項に記載の画像処理装置。

40

【請求項 11】

請求項 1 から 10 のうちいずれか一項に記載の画像処理装置を備える、
ロボット。

【請求項 12】

前記マーカ―を含む範囲を前記画像として撮像する撮像部と、
請求項 11 に記載のロボットと、
を備えるロボットシステム。

【発明の詳細な説明】

50

【技術分野】

【0001】

この発明は、画像処理装置、ロボット、及びロボットシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

画像からマーカ―や対象物を検出し、検出したマーカ―や対象物に応じて作業を行うロボットの研究や開発が行われている。

【0003】

これに関し、マーカ―を判別可能にするための閾値を用いて撮像画像を二値化し、二値化した撮像画像からマーカ―候補を検出し、検出したマーカ―候補から誤認識で検出したマーカ―候補を除外する画像検出方法が知られている（特許文献1参照）。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2007-304732号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、この画像検出方法では、撮像画像に含まれる複数のマーカ―のそれぞれ毎に適した検出方法によって当該マーカ―を検出することができず、マーカ―の検出精度の向上と、マーカ―の検出時間の短縮との両立が困難な場合があった。

20

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題の少なくとも一つを解決するために本発明の一態様は、マーカ―が撮像された画像から、マーカ―を検出する画像処理装置であって、前記マーカ―を、複数のマーカ―検出方法により検出可能であり、前記複数のマーカ―検出方法のうちの一つの前記マーカ―検出方法によって、前記マーカ―を検出する、画像処理装置である。

この構成により、画像処理装置は、複数のマーカ―検出方法のうちの一つの前記マーカ―検出方法によって、マーカ―を検出する。これにより、画像処理装置は、マーカ―の検出精度の向上と、マーカ―の検出時間の短縮とを両立することができる。

30

【0007】

また、本発明の他の態様は、画像処理装置において、前記マーカ―は、第1マーカ―と第2マーカ―を含み、前記第1マーカ―の前記マーカ―検出方法と、前記第2マーカ―の前記マーカ―検出方法とは異なる、構成が用いられてもよい。

この構成により、画像処理装置は、第1マーカ―と第2マーカ―とを、それぞれ異なるマーカ―検出方法によって検出する。これにより、画像処理装置は、マーカ―に応じたマーカ―検出方法によってマーカ―を検出することができる。

【0008】

また、本発明の他の態様は、画像処理装置において、前記複数のマーカ―検出方法は、前記画像から前記マーカ―を検出するための閾値を所定範囲で変化させて前記マーカ―を検出する第1検出方法を含む、構成が用いられてもよい。

40

この構成により、画像処理装置は、複数のマーカ―のうちの第1検出方法に対応付けられたマーカ―を検出する際、画像からマーカ―を検出するための閾値を所定範囲で変化させてマーカ―を検出する。これにより、画像処理装置は、複数のマーカ―のうちの第1検出方法に対応付けられたマーカ―を検出する際、マーカ―の検出精度を向上させることができる。

【0009】

また、本発明の他の態様は、画像処理装置において、前記複数のマーカ―検出方法は、前記画像から前記マーカ―を検出するための閾値として、最尤推定により求められた値を用いて前記マーカ―を検出する第2検出方法を含む、構成が用いられてもよい。

50

この構成により、画像処理装置は、複数のマーカーのうちの第2検出方法に対応付けられたマーカーを検出する際、画像からマーカーを検出するための閾値として、最尤推定により求められた値を用いてマーカーを検出する。これにより、画像処理装置は、複数のマーカーのうちの第2検出方法に対応付けられたマーカーを検出する際、マーカーの検出時間を短縮させることができる。

【0010】

また、本発明の他の態様は、画像処理装置において、前記複数のマーカー検出方法は、前記画像から前記マーカーを検出するための閾値として、予め定められた値を用いて前記マーカーを検出する第3検出方法を含む、構成が用いられてもよい。

この構成により、画像処理装置は、複数のマーカーのうちの第3検出方法に対応付けられたマーカーを検出する際、画像からマーカーを検出するための閾値として、予め定められた値を用いてマーカーを検出する。これにより、画像処理装置は、複数のマーカーのうちの第3検出方法に対応付けられたマーカーを検出する際、マーカーの検出時間を短縮させることができる。

【0011】

また、本発明の他の態様は、画像処理装置において、前記閾値は、前記画像を二値化する閾値である、構成が用いられてもよい。

この構成により、画像処理装置は、画像からマーカーを検出するための閾値であって当該画像を二値化する閾値を用いたマーカー検出方法によってマーカーを検出する。これにより、画像処理装置は、画像を二値化する閾値を用いたマーカー検出方法によって、マーカーの検出精度の向上と、マーカーの検出時間の短縮とを両立することができる。

【0012】

また、本発明の他の態様は、画像処理装置において、前記閾値は、前記画像の色を判定する閾値である、構成が用いられてもよい。

この構成により、画像処理装置は、画像からマーカーを検出するための閾値であって当該画像の色を判定する閾値を用いたマーカー検出方法によってマーカーを検出する。これにより、画像処理装置は、画像の色を判定する閾値を用いたマーカー検出方法によって、マーカーの検出精度の向上と、マーカーの検出時間の短縮とを両立することができる。

【0013】

また、本発明の他の態様は、画像処理装置において、前記マーカーと、前記マーカー検出方法とを対応づけたテーブルに基づいて、前記マーカーを検出する、構成が用いられてもよい。

この構成により、画像処理装置は、マーカーと、マーカー検出方法とを対応づけたテーブルに基づいて、マーカーを検出する。これにより、画像処理装置は、マーカーと、マーカー検出方法とを対応づけたテーブルに基づいて、マーカーの検出精度の向上と、マーカーの検出時間の短縮とを両立することができる。

【0014】

また、本発明の他の態様は、画像処理装置において、前記画像に含まれる前記マーカーと、前記画像とは撮像条件が異なる画像に含まれる前記マーカーとに基づいて、前記マーカー検出方法を決定する、構成が用いられてもよい。

この構成により、画像処理装置は、画像に含まれるマーカーと、当該画像とは撮像条件が異なる画像に含まれるマーカーとに基づいて、マーカー検出方法を決定する。これにより、画像処理装置は、画像に含まれるマーカーと、当該画像とは撮像条件が異なる画像に含まれるマーカーとに基づいて決定したマーカー検出方法によって、マーカーの検出精度の向上と、マーカーの検出時間の短縮とを両立することができる。

【0015】

また、本発明の他の態様は、画像処理装置において、前記画像に含まれる前記マーカーを検出するための閾値と、前記画像とは撮像条件が異なる画像に含まれる前記マーカーを検出するための閾値とを表示部に表示させ、前記マーカー検出方法を編集可能である、構成が用いられてもよい。

10

20

30

40

50

この構成により、画像処理装置は、画像に含まれるマーカーを検出するための閾値と、当該画像とは撮像条件が異なる画像に含まれるマーカーを検出するための閾値とを表示部に表示させ、マーカー検出方法を編集可能である。これにより、画像処理装置は、編集したマーカー検出方法によって、マーカーの検出精度の向上と、マーカーの検出時間の短縮とを両立することができる。

【 0 0 1 6 】

また、本発明の他の態様は、上記のいずれかに記載の画像処理装置を備える、ロボットである。

この構成により、ロボットは、複数のマーカー検出方法のうちの一つのマーカー検出方法によって、マーカーを検出する。これにより、ロボットは、マーカーの検出精度の向上と、マーカーの検出時間の短縮とを両立することができる。

10

【 0 0 1 7 】

また、本発明の他の態様は、前記マーカーを含む範囲を前記画像として撮像する撮像部と、上記に記載のロボットと、を備えるロボットシステムである。

この構成により、ロボットシステムは、複数のマーカー検出方法のうちの一つのマーカー検出方法によって、マーカーを検出する。これにより、ロボットシステムは、マーカーの検出精度の向上と、マーカーの検出時間の短縮とを両立することができる。

【 0 0 1 8 】

以上により、画像処理装置、ロボット、及びロボットシステムは、複数のマーカー検出方法のうちの一つのマーカー検出方法によって、マーカーを検出する。これにより、画像処理装置、ロボット、及びロボットシステムは、マーカーの検出精度の向上と、マーカーの検出時間の短縮とを両立することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 9 】

【図 1】本実施形態に係るロボット 20 の一例を示す構成図である。

【図 2】図心を説明するための図である。

【図 3】図心マーカーの一例を示す図である。

【図 4】図心マーカーの他の例を示す図である。

【図 5】同心円を構成していない 3 つの図形によって構成される図心マーカーの一例を示す図である。

30

【図 6】同心円を構成していない 4 つの図形によって構成される図心マーカーの一例を示す図である。

【図 7】同心円を構成していない 4 つの図形によって構成される図心マーカーの他の例を示す図である。

【図 8】64 個の図心マーカーを含む撮像画像の一例を示す図である。

【図 9】マーカーを検出するために適していない輝度値に基づいてロボット制御装置 30 が図 8 に示した撮像画像 G1 を二値化した場合の二値化画像の一例を示す図である。

【図 10】図 9 に示した二値化画像 G2 からロボット制御装置 30 により検出された図心マーカーを構成する 3 以上の図形のそれぞれを例示する図である。

【図 11】マーカーを検出するために適した輝度値に基づいてロボット制御装置 30 が図 8 に示した撮像画像 G1 を二値化した場合の二値化画像の一例を示す図である。

40

【図 12】図 11 に示した二値化画像 G2 からロボット制御装置 30 により検出された図心マーカーを構成する 3 以上の図形のそれぞれを例示する図である。

【図 13】ロボット制御装置 30 のハードウェア構成の一例を示す図である。

【図 14】ロボット制御装置 30 の機能構成の一例を示す図である。

【図 15】対応情報が格納されたテーブルの一例を示す図である。

【図 16】制御部 36 がロボット 20 に所定の作業を行わせる処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【図 17】図 16 に示したステップ S70 におけるマーカー検出処理の流れの一例を示すフローチャートである。

50

【図 18】図 17 に示したステップ S 150 における第 1 検出処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【図 19】ロボット制御装置 30 が対応情報を生成する処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【図 20】ユーザーから受け付けた操作に基づいてロボット制御装置 30 が対応情報を編集する処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【図 21】マーカー検出方法のユーザーによる決定方法の流れの一例を示す図である。

【図 22】実施形態の変形例においてロボット制御装置 30 が対応情報を生成する処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【図 23】サンプル画像 G S 1 ~ サンプル画像 G S 3 のそれぞれ毎に生成された条件別対応情報を例示する図である。

【図 24】条件別対応情報に基づいて対応情報を生成する処理を説明するための図である。

【図 25】実施形態の変形例におけるマーカー検出方法のユーザーによる決定方法の流れの一例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】

【0020】

<実施形態>

以下、本発明の実施形態について、図面を参照して説明する。図 1 は、本実施形態に係るロボット 20 の一例を示す構成図である。

【0021】

<ロボット 20 の構成>

まず、ロボット 20 の構成について説明する。

ロボット 20 は、第 1 アームと、第 2 アームと、第 1 アーム及び第 2 アームを支持する支持台と、ロボット制御装置 30 を備える双腕ロボットである。双腕ロボットは、この一例における第 1 アームと第 2 アームのような 2 本のアーム（腕）を備えるロボットである。なお、ロボット 20 は、双腕ロボットに代えて、単腕ロボットであってもよい。単腕ロボットは、1 本のアームを備えるロボットである。例えば、単腕ロボットは、第 1 アームと第 2 アームのいずれか一方を備える。また、ロボット 20 は、双腕ロボットに代えて、3 本以上のアームを備える複腕ロボットであってもよい。

【0022】

第 1 アームは、第 1 エンドエフェクター E 1 と第 1 マニピュレーター M 1 を備える。

【0023】

第 1 エンドエフェクター E 1 は、この一例において、物体を把持可能な爪部を備えるエンドエフェクターである。なお、第 1 エンドエフェクター E 1 は、当該爪部を備えるエンドエフェクターに代えて、電動ドライバーを備えるエンドエフェクター等の他のエンドエフェクターであってもよい。

【0024】

第 1 エンドエフェクター E 1 は、ケーブルによってロボット制御装置 30 と通信可能に接続されている。これにより、第 1 エンドエフェクター E 1 は、ロボット制御装置 30 から取得される制御信号に基づく動作を行う。なお、ケーブルを介した有線通信は、例えば、イーサネット（登録商標）や U S B（Universal Serial Bus）等の規格によって行われる。また、第 1 エンドエフェクター E 1 は、W i - F i（登録商標）等の通信規格により行われる無線通信によってロボット制御装置 30 と接続される構成であってもよい。

【0025】

第 1 マニピュレーター M 1 は、7 つの関節と、第 1 撮像部 21 を備える。また、7 つの関節はそれぞれ、図示しないアクチュエーターを備える。すなわち、第 1 マニピュレーター M 1 を備える第 1 アームは、7 軸垂直多関節型のアームである。第 1 アームは、支持台と、第 1 エンドエフェクター E 1 と、第 1 マニピュレーター M 1 と、第 1 マニピュレーター M 1 が備える 7 つの関節それぞれのアクチュエーターとによる連携した動作によって 7

10

20

30

40

50

軸の自由度の動作を行う。なお、第 1 アームは、6 軸以下の自由度で動作する構成であってもよく、8 軸以上の自由度で動作する構成であってもよい。

【0026】

第 1 アームが 7 軸の自由度で動作する場合、第 1 アームは、6 軸以下の自由度で動作する場合と比較して取り得る姿勢が増える。これにより第 1 アームは、例えば、動作が滑らかになり、更に第 1 アームの周辺に存在する物体との干渉を容易に回避することができる。また、第 1 アームが 7 軸の自由度で動作する場合、第 1 アームの制御は、第 1 アームが 8 軸以上の自由度で動作する場合と比較して計算量が少なく容易である。

【0027】

第 1 マニピュレーター M 1 が備える 7 つの（関節に備えられた）アクチュエーターはそれぞれ、ケーブルによってロボット制御装置 30 と通信可能に接続されている。これにより、当該アクチュエーターは、ロボット制御装置 30 から取得される制御信号に基づいて、第 1 マニピュレーター M 1 を動作させる。なお、ケーブルを介した有線通信は、例えば、イーサネット（登録商標）や U S B 等の規格によって行われる。また、第 1 マニピュレーター M 1 が備える 7 つのアクチュエーターのうちの一部又は全部は、W i - F i（登録商標）等の通信規格により行われる無線通信によってロボット制御装置 30 と接続される構成であってもよい。

10

【0028】

第 1 撮像部 2 1 は、例えば、集光された光を電気信号に変換する撮像素子である C C D（Charge Coupled Device）や C M O S（Complementary Metal Oxide Semiconductor）等を備えたカメラである。この一例において、第 1 撮像部 2 1 は、第 1 マニピュレーター M 1 の一部に備えられる。そのため、第 1 撮像部 2 1 は、第 1 アームの動きに応じて移動する。また、第 1 撮像部 2 1 が撮像可能な範囲は、第 1 アームの動きに応じて変化する。第 1 撮像部 2 1 は、当該範囲の静止画像を撮像する構成であってもよく、当該範囲の動画画像を撮像する構成であってもよい。

20

【0029】

また、第 1 撮像部 2 1 は、ケーブルによってロボット制御装置 30 と通信可能に接続されている。ケーブルを介した有線通信は、例えば、イーサネット（登録商標）や U S B 等の規格によって行われる。なお、第 1 撮像部 2 1 は、W i - F i（登録商標）等の通信規格により行われる無線通信によってロボット制御装置 30 と接続される構成であってもよい。

30

【0030】

第 2 アームは、第 2 エンドエフェクター E 2 と第 2 マニピュレーター M 2 を備える。

【0031】

第 2 エンドエフェクター E 2 は、この一例において、物体を把持可能な爪部を備えるエンドエフェクターである。なお、第 2 エンドエフェクター E 2 は、当該爪部を備えるエンドエフェクターに代えて、電動ドライバーを備えるエンドエフェクター等の他のエンドエフェクターであってもよい。

【0032】

第 2 エンドエフェクター E 2 は、ケーブルによってロボット制御装置 30 と通信可能に接続されている。これにより、第 2 エンドエフェクター E 2 は、ロボット制御装置 30 から取得される制御信号に基づく動作を行う。なお、ケーブルを介した有線通信は、例えば、イーサネット（登録商標）や U S B 等の規格によって行われる。また、第 2 エンドエフェクター E 2 は、W i - F i（登録商標）等の通信規格により行われる無線通信によってロボット制御装置 30 と接続される構成であってもよい。

40

【0033】

第 2 マニピュレーター M 2 は、7 つの関節と、第 2 撮像部 2 2 を備える。また、7 つの関節はそれぞれ、図示しないアクチュエーターを備える。すなわち、第 2 マニピュレーター M 2 を備える第 2 アームは、7 軸垂直多関節型のアームである。第 2 アームは、支持台と、第 2 エンドエフェクター E 2 と、第 2 マニピュレーター M 2 と、第 2 マニピュレータ

50

ー M 2 が備える 7 つの関節それぞれのアクチュエーターとによる連携した動作によって 7 軸の自由度の動作を行う。なお、第 2 アームは、6 軸以下の自由度で動作する構成であってもよく、8 軸以上の自由度で動作する構成であってもよい。

【 0 0 3 4 】

第 2 アームが 7 軸の自由度で動作する場合、第 2 アームは、6 軸以下の自由度で動作する場合と比較して取り得る姿勢が増える。これにより第 2 アームは、例えば、動作が滑らかになり、更に第 2 アームの周辺に存在する物体との干渉を容易に回避することができる。また、第 2 アームが 7 軸の自由度で動作する場合、第 2 アームの制御は、第 2 アームが 8 軸以上の自由度で動作する場合と比較して計算量が少なく容易である。

【 0 0 3 5 】

第 2 マニピュレーター M 2 が備える 7 つの（関節に備えられた）アクチュエーターはそれぞれ、ケーブルによってロボット制御装置 3 0 と通信可能に接続されている。これにより、当該アクチュエーターは、ロボット制御装置 3 0 から取得される制御信号に基づいて、第 2 マニピュレーター M 2 を動作させる。なお、ケーブルを介した有線通信は、例えば、イーサネット（登録商標）や U S B 等の規格によって行われる。また、第 2 マニピュレーター M 2 が備える 7 つのアクチュエーターのうちの一部又は全部は、W i - F i （登録商標）等の通信規格により行われる無線通信によってロボット制御装置 3 0 と接続される構成であってもよい。

【 0 0 3 6 】

第 2 撮像部 2 2 は、例えば、集光された光を電気信号に変換する撮像素子である C C D や C M O S 等を備えたカメラである。この一例において、第 2 撮像部 2 2 は、第 2 マニピュレーター M 2 の一部に備えられる。そのため、第 2 撮像部 2 2 は、第 2 アームの動きに応じて移動する。また、第 2 撮像部 2 2 が撮像可能な範囲は、第 2 アームの動きに応じて変化する。第 2 撮像部 2 2 は、当該範囲の静止画像を撮像する構成であってもよく、当該範囲の動画画像を撮像する構成であってもよい。

【 0 0 3 7 】

また、第 2 撮像部 2 2 は、ケーブルによってロボット制御装置 3 0 と通信可能に接続されている。ケーブルを介した有線通信は、例えば、イーサネット（登録商標）や U S B 等の規格によって行われる。なお、第 2 撮像部 2 2 は、W i - F i （登録商標）等の通信規格により行われる無線通信によってロボット制御装置 3 0 と接続される構成であってもよい。

【 0 0 3 8 】

また、ロボット 2 0 は、第 3 撮像部 2 3 と、第 4 撮像部 2 4 を備える。

第 3 撮像部 2 3 は、例えば、集光された光を電気信号に変換する撮像素子である C C D や C M O S 等を備えたカメラである。第 3 撮像部 2 3 は、第 4 撮像部 2 4 が撮像可能な範囲を第 4 撮像部 2 4 とともにステレオ撮像可能な部位に備えられる。第 3 撮像部 2 3 は、ケーブルによってロボット制御装置 3 0 と通信可能に接続されている。ケーブルを介した有線通信は、例えば、イーサネット（登録商標）や U S B 等の規格によって行われる。なお、第 3 撮像部 2 3 は、W i - F i （登録商標）等の通信規格により行われる無線通信によってロボット制御装置 3 0 と接続される構成であってもよい。

【 0 0 3 9 】

第 4 撮像部 2 4 は、例えば、集光された光を電気信号に変換する撮像素子である C C D や C M O S 等を備えたカメラである。第 4 撮像部 2 4 は、第 3 撮像部 2 3 が撮像可能な範囲を第 3 撮像部 2 3 とともにステレオ撮像可能な部位に備えられる。第 4 撮像部 2 4 は、ケーブルによって通信可能にロボット制御装置 3 0 と接続されている。ケーブルを介した有線通信は、例えば、イーサネット（登録商標）や U S B 等の規格によって行われる。なお、第 4 撮像部 2 4 は、W i - F i （登録商標）等の通信規格により行われる無線通信によってロボット制御装置 3 0 と接続される構成であってもよい。

【 0 0 4 0 】

上記で説明したロボット 2 0 が備えるこれらの各機能部は、この一例において、ロボッ

10

20

30

40

50

ト 20 に内蔵されたロボット制御装置 30 から制御信号を取得する。そして、当該各機能部は、取得した制御信号に基づいた動作を行う。なお、ロボット 20 は、ロボット制御装置 30 を内蔵する構成に代えて、外部に設置されたロボット制御装置 30 により制御される構成であってもよい。この場合、ロボット 20 と、ロボット制御装置 30 とは、ロボットシステムを構成する。また、ロボット 20 は、第 1 撮像部 21 と、第 2 撮像部 22 と、第 3 撮像部 23 と、第 4 撮像部 24 のうちの一部を備えない構成であってもよい。

【0041】

ロボット制御装置 30 は、ロボット 20 に制御信号を送信することにより、ロボット 20 を動作させる。これにより、ロボット制御装置 30 は、ロボット 20 に所定の作業を行わせる。

10

【0042】

<ロボット 20 が行う所定の作業の概要>

以下、ロボット 20 が行う所定の作業の概要について説明する。

この一例において、ロボット 20 は、第 1 アームと第 2 アームの両方により作業することが可能な領域である作業領域に配置された物体を把持し、把持した物体を図示しない給材領域に給材（配置）する作業を所定の作業として行う。なお、ロボット 20 は、これに代えて、他の作業を所定の作業として行う構成であってもよい。また、作業領域は、第 1 アームと第 2 アームのうちいずれか一方により作業することが可能な領域であってもよい。

【0043】

20

図 1 に示した例では、作業領域は、作業台 T B の上面を含む領域である。作業台 T B は、例えば、テーブルである。なお、作業台 T B は、テーブルに代えて、床面や棚等の他の物体であってもよい。作業台 T B の上面には、ロボット 20 が把持する物体として、N 個の対象物である対象物 O 1 ~ 対象物 O N が配置されている。N は、1 以上の整数である。

【0044】

対象物 O 1 ~ 対象物 O N のそれぞれは、例えば、製品に組み付けるプレート、ネジ、ボルト等の産業用の部品や部材である。図 1 では、図の簡略化のため、対象物 O 1 ~ 対象物 O N のそれぞれを直方体形状の物体として表している。なお、対象物 O 1 ~ 対象物 O N のそれぞれは、産業用の部品や部材に代えて、日用品や生体等の他の物体であってもよい。また、対象物 O 1 ~ 対象物 O N のそれぞれの形状は、直方体形状に代えて、他の形状であってもよい。また、対象物 O 1 ~ 対象物 O N の一部又は全部の形状は、互いに同じ形状であってもよく、互いに異なる形状であってもよい。

30

【0045】

<ロボット制御装置 30 が行う処理の概要>

以下、ロボット 20 に所定の作業を行わせるためにロボット制御装置 30 が行う処理の概要について説明する。

ロボット制御装置 30 は、作業領域を含む範囲を撮像範囲としてロボット 20 に撮像させる。そして、ロボット制御装置 30 は、ロボット 20 が撮像した撮像画像を取得する。ロボット制御装置 30 は、取得した撮像画像に基づいて、作業領域内に貼付されたマーカを検出する。ロボット制御装置 30 は、検出したマーカに応じて所定の作業をロボット 20 に行わせる。

40

【0046】

この一例において、作業領域内に貼付されたマーカは、作業領域内の作業台 T B の上面に配置された対象物 O 1 ~ 対象物 O N のそれぞれに貼付されている。なお、作業領域内に貼付されたマーカの一部又は全部は、これに代えて、作業領域内の対象物 O 1 ~ 対象物 O N のそれぞれとは異なる他の物体や、作業台 T B の上面等に貼付される構成であってもよい。

【0047】

対象物 O 1 ~ 対象物 O N のそれぞれには、互いに異なるマーカが貼付されている。これらのマーカのそれぞれは、対象物 O 1 ~ 対象物 O N それぞれのロボット座標系におけ

50

る位置を示している。例えば、対象物 O 1 に貼付されたマーカー M k 1 は、対象物 O 1 のロボット座標系における位置を示している。また、対象物 O N に貼付されたマーカー M k N は、対象物 O N のロボット座標系における位置を示している。なお、対象物 O 1 ~ 対象物 O N のそれぞれに貼付されたマーカーの一部又は全部は、互いに同じマーカーであってもよい。また、これらのマーカーのそれぞれは、対象物 O 1 ~ 対象物 O N それぞれのロボット座標系における位置を示す構成に代えて、ロボット 2 0 の動作を示す構成等の他の情報を示す構成であってもよい。

【0048】

この一例におけるロボット制御装置 3 0 は、第 3 撮像部 2 3 と第 4 撮像部 2 4 に前述の撮像範囲をステレオ撮像させる。そして、ロボット制御装置 3 0 は、第 3 撮像部 2 3 と第 4 撮像部 2 4 がステレオ撮像した撮像画像を取得する。ロボット制御装置 3 0 は、取得した撮像画像に基づいて N 個のマーカーであるマーカー M k 1 ~ マーカー M k N のそれぞれを検出する。

10

【0049】

ロボット制御装置 3 0 は、マーカー（例えば、マーカー M k 1 ~ マーカー M k N のそれぞれ）を、複数のマーカー検出方法により検出可能であり、当該複数のマーカー検出方法のうちの一つのマーカー検出方法によって、マーカーを検出する。マーカー検出方法は、マーカーの検出方法のことである。

【0050】

具体的には、マーカー M k 1 ~ マーカー M k N のそれぞれを検出する際、ロボット制御装置 3 0 は、マーカー M k 1 ~ マーカー M k N のそれぞれ毎に対応付けられたマーカー検出方法によってマーカー M k 1 ~ マーカー M k N のそれぞれを検出する。より具体的には、ロボット制御装置 3 0 は、マーカー M k 1 ~ マーカー M k N のそれぞれを示す情報と、マーカー検出方法とが対応付けられた情報を含む対応情報に基づいて、マーカー M k 1 ~ マーカー M k N のそれぞれ毎に対応付けられたマーカー検出方法によってマーカー M k 1 ~ マーカー M k N のそれぞれを検出する。これにより、ロボット制御装置 3 0 は、マーカーの検出精度の向上と、マーカーの検出時間の短縮とを両立することができる。

20

【0051】

本実施形態では、マーカー M k 1 ~ マーカー M k N のそれぞれ毎に対応付けられたマーカー検出方法によってマーカー M k 1 ~ マーカー M k N のそれぞれをロボット制御装置 3 0 が検出する処理について詳しく説明する。また、本実施形態では、ロボット制御装置 3 0 が対応情報を生成する処理、及びロボット制御装置 3 0 が対応情報を編集する処理について詳しく説明する。また、本実施形態では、ユーザー又はロボット制御装置 3 0 が、マーカー M k 1 ~ マーカー M k N のそれぞれ毎にマーカー検出方法を対応付ける方法について詳しく説明する。

30

【0052】

マーカー M k 1 ~ マーカー M k N のそれぞれを検出した後、ロボット制御装置 3 0 は、検出したマーカー M k 1 ~ マーカー M k N のそれぞれが示すロボット座標系における位置を算出する。ロボット制御装置 3 0 は、算出した位置に基づいて、対象物 O 1 ~ 対象物 O N のそれぞれを 1 つずつロボット 2 0 に把持させ、図示しない給材領域に給材させる。この一例において、ロボット制御装置 3 0 は、対象物 O 1 ~ 対象物 O N のそれぞれを 1 つずつ第 1 アームに把持させ、図示しない給材領域に給材させる。なお、ロボット制御装置 3 0 は、これに代えて、対象物 O 1 ~ 対象物 O N のそれぞれを 1 つずつ第 2 アームに把持させる構成であってもよく、対象物 O 1 ~ 対象物 O N のそれぞれを 1 つずつ第 1 アームと第 2 アームの両方に把持させる構成等の他の構成であってもよい。

40

【0053】

< マーカー毎に対応付けられたマーカー検出方法の概要 >

この一例において、マーカー M k 1 ~ マーカー M k N のそれぞれ毎に対応付けられたマーカー検出方法には、第 1 検出方法と、第 2 検出方法と、第 3 検出方法との 3 つの検出方法が含まれる。以下、これら 3 つの検出方法について説明する。なお、マーカー検出方法

50

には、これら 3 つの検出方法の一部又は全部に代えて、これら 3 つの検出方法の一部又は全部を組み合わせた方法等の他の検出方法が含まれる構成であってもよく、これら 3 つの検出方法に加えて、これら 3 つの検出方法の一部又は全部を組み合わせた方法等の他の検出方法が含まれる構成であってもよい。

【 0 0 5 4 】

まず、第 1 検出方法～第 3 検出方法の 3 つの検出方法のそれぞれにおいて共通してロボット制御装置 30 が行う処理について説明する。この一例において、これら 3 つの検出方法では、撮像画像からマーカを検出する際、ロボット制御装置 30 が、撮像画像をグレースケール画像に変換する（グレースケール化処理）。ロボット制御装置 30 は、例えば、撮像画像のグレースケール化処理において、撮像画像を 256 階調のグレースケール画像に変換する。なお、ロボット制御装置 30 は、撮像画像を 256 階調のグレースケール画像に変換する構成に代えて、他の階調のグレースケール画像に変換する構成であってもよい。

【 0 0 5 5 】

そして、ロボット制御装置 30 は、グレースケール化処理により撮像画像を変換したグレースケール画像を、二値化画像（白黒画像）に変換する（二値化処理）。二値化処理は、グレースケール画像上における所定の閾値（二値化の閾値）以上の輝度値の画素の色を白色に変換し、当該閾値未満の輝度値の画素を黒色に変換することによりグレースケール画像を二値化画像に変換する処理である。この一例において、二値化の閾値は、ロボット制御装置 30 が検出するマーカ毎に決定（選択）される輝度値であり、0 から 255 までの範囲において決定（選択）されるいずれか 1 つの整数が示す輝度値である。ロボット制御装置 30 は、二値化処理によりグレースケール画像を変換した二値化画像からマーカを検出する。すなわち、二値化の閾値は、撮像画像からマーカを検出するための閾値に相当する。二値化画像からマーカを検出する際、ロボット制御装置 30 は、例えば、マーカのモデル画像に基づくパターンマッチングによって撮像画像からマーカを検出する。マーカのモデル画像は、例えば、C A D（Computer Aided Design）画像である。パターンマッチングによるマーカ検出方法は、従来から知られている方法を用いるため、説明を省略する。なお、ロボット制御装置 30 は、他の方法によって撮像画像からマーカを検出する構成であってもよい。また、マーカのモデル画像は、所望の姿勢のマーカを撮像した撮像画像等の他の画像であってもよい。

【 0 0 5 6 】

なお、ロボット制御装置 30 は、グレースケール画像を二値化画像に変換する構成に代えて、グレースケール化処理を行わずに撮像画像を二値化画像に変換する構成であってもよい。この場合、ロボット制御装置 30 は、撮像画像上における所定の色相の画素の色を白色に変換し、当該色相とは異なる色相の画素を黒色に変換することにより撮像画像を二値化画像に変換する。所定の色相は、輝度値と異なる二値化の閾値の一例であり、例えば、R G B（Red Green Blue）を表す 6 個の 16 進数の組み合わせによって表される（例えば、赤を表す場合は、F F 0 0 0 0 であり、緑を表す場合は、0 0 F F 0 0 であり、青を表す場合は、0 0 0 0 F F である）。また、所定の色相には、許容範囲が設定される。例えば、緑を表す 0 0 F F 0 0 に対して 0 0 F F 0 0 ～ 5 5 F F 5 5 の許容範囲が設定されている場合、ロボット制御装置 30 は、0 0 F F 0 0 ～ 5 5 F F 5 5 の範囲に含まれる色はすべて、0 0 F F 0 0 が表わす色である緑と判定する。換言すると、このような許容範囲は、当該色相を表す 6 値の 16 進数の組み合わせを中心値とする誤差範囲である。ロボット制御装置 30 は、許容範囲内に含まれる 6 値の 16 進数の組み合わせにより表される色相を、同じ色相として検出する。所定の色相は、画像の色を判定する閾値の一例である。

【 0 0 5 7 】

このように、第 1 検出方法～第 3 検出方法の 3 つの検出方法のそれぞれにおいて共通して、ロボット制御装置 30 は、二値化の閾値に基づいて撮像画像を二値化画像へと変換し、変換した二値化画像からマーカを検出する。

次に、第 1 検出方法～第 3 検出方法それぞれの相違点について説明する。第 1 検出方法～第 3 検出方法ではそれぞれ、二値化の閾値を決定する方法が異なる。

【 0 0 5 8 】

第 1 検出方法では、ロボット制御装置 3 0 は、二値化の閾値（すなわち、撮像画像からマーカを検出するための閾値）を所定範囲で変化させてマーカを検出する。所定範囲は、グレースケール画像の階調に応じた範囲であり、この一例において、0 から 2 5 5 までの範囲である。このため、ロボット制御装置 3 0 は、二値化の閾値を 0 から 2 5 5 までの 2 5 6 段階において変化させ、マーカを検出する。なお、所定範囲は、これに代えて、0 から 2 5 5 までの範囲のうちの一部の範囲であってもよい。

【 0 0 5 9 】

より具体的には、第 1 検出方法において、ロボット制御装置 3 0 は、二値化の閾値を 0 から 2 5 5 まで 1 ずつ変化させながら、検出しようとしている対象のマーカ（この一例において、マーカ M k 1 ～マーカ M k N のいずれかからロボット制御装置 3 0 が選択したマーカ）である対象マーカを検出するために適した二値化の閾値を決定（探索）する。そして、ロボット制御装置 3 0 は、決定した二値化の閾値を用いてグレースケール画像を二値化画像に変換し、変換した二値化画像から対象マーカを検出する。この一例において、対象マーカを検出するために適した二値化の閾値とは、対象マーカを含む撮像画像から対象マーカを検出することが可能な二値化画像へ撮像画像を変換する二値化処理を実現する値（輝度値）である。

【 0 0 6 0 】

第 2 検出方法では、ロボット制御装置 3 0 は、二値化の閾値（すなわち、撮像画像からマーカを検出するための閾値）として、最尤推定により求められた値（輝度値）を用いて対象マーカを検出する。この一例において、ロボット制御装置 3 0 は、第 2 検出方法において二値化の閾値を求める方法として、大津の方法を採用する。ここで、大津の方法の概要を説明する。大津の方法では、撮像画像の各画素に現れる輝度値の頻度を表すヒストグラムが 2 つのピークを有すると仮定する。また、これら 2 つのピークのうちの一方のピークに含まれる輝度値は、撮像画像中の部分領域である第 1 部分領域（例えば、対象マーカを含む部分領域）に含まれる各画素の輝度値であり、残りの一方のピークに含まれる輝度値は、撮像画像中の部分領域であり第 1 部分領域とは異なる第 2 部分領域（例えば、対象マーカを含まない背景を含む部分領域）に含まれる各画素の輝度値であると仮定する。

【 0 0 6 1 】

大津の方法では、このような仮定の下、ロボット制御装置 3 0 は、第 1 部分領域における輝度値の分散と、第 2 部分領域における輝度値の分散との比が最小となる輝度値、すなわち第 1 部分領域と第 2 部分領域の分離の度合いを最大にする輝度値を、二値化の閾値として最尤推定に基づいて決定する。そして、ロボット制御装置 3 0 は、決定した二値化の閾値を用いて、グレースケール画像を二値化画像に変換し、変換した二値化画像から対象マーカを検出する。

【 0 0 6 2 】

第 3 検出方法では、ロボット制御装置 3 0 は、二値化の閾値として、予め定められた値（輝度値）を用いてマーカを検出する。具体的には、ロボット制御装置 3 0 は、予め定められた値を二値化の閾値として用いて、グレースケール画像を二値化画像に変換し、変換した二値化画像から検出しようとしている対象マーカを検出する。この一例において、第 3 検出方法において二値化の閾値として予め定められた値は、二値化の閾値を 0 から 2 5 5 まで 1 ずつ変化させながら、対象マーカを検出するために適した二値化の閾値を事前に決定しておいた値である。なお、当該予め定められた値は、他の方法によって事前に決定しておいた値であってもよい。

【 0 0 6 3 】

ここで、第 1 検出方法～第 3 検出方法のそれぞれによってロボット制御装置 3 0 が撮像画像から対象マーカを検出する場合の精度について説明する。ロボット制御装置 3 0 が

10

20

30

40

50

撮像画像から対象マーカーを検出する精度である検出精度は、二値化の閾値として選択された輝度値に応じて変化する。この一例における検出精度の高さは、当該撮像画像から対象マーカーを検出することに成功する確率の高さによって表される。より具体的には、例えば、二値化の閾値として、対象マーカーを検出するために適した輝度値が選択されておらず、対象マーカーを検出するために適していない輝度値が選択されている場合、ロボット制御装置 30 が撮像画像から対象マーカーを検出できる頻度は低くなる、すなわちロボット制御装置 30 が対象マーカーの検出精度が低くなる。

【0064】

第 1 検出方法は、二値化の閾値を 0 から 255 まで変化させながら、対象マーカーを検出するために適した二値化の閾値を探索するため、対象マーカーを検出するのに要する時間である検出時間が第 2 検出方法及び第 3 検出方法に比べて長くなるが、対象マーカーの検出精度が第 2 検出方法及び第 3 検出方法に比べて高い。第 3 検出方法によってロボット制御装置 30 が撮像画像から対象マーカーの検出精度は、撮像画像の撮像条件が変化している場合があるため、第 1 検出方法に比べて低くなる傾向があるが、第 2 検出方法に比べて高い。また、第 3 検出方法によってロボット制御装置 30 が撮像画像から対象マーカーの検出時間は、二値化の閾値を決定する処理を行わないため、第 1 検出方法及び第 2 検出方法に比べて短い。また、第 2 検出方法によってロボット制御装置 30 が撮像画像から対象マーカーの検出精度は、第 1 検出方法及び第 3 検出方法と比べて低い、対象マーカーの検出時間は、第 1 検出方法よりも短く、第 3 検出方法よりも長い。

【0065】

ロボット制御装置 30 は、このような第 1 検出方法～第 3 検出方法の 3 つの検出方法を組み合わせながら対象マーカーを検出するため、マーカーの検出精度の向上と、マーカーの検出時間の短縮とを両立することができる。また、ロボット制御装置 30 は、例えば、第 3 検出方法によって対象マーカーを検出できない場合、第 2 検出方法による対象マーカーの検出を実行することができ、更に第 2 検出方法によって検出しようとしている対象のマーカーを検出できない場合、第 1 検出方法によって当該マーカーを検出することができる。

【0066】

< マーカーの詳細 >

以下、ロボット制御装置 30 が撮像画像から検出するマーカーの詳細について説明する。この一例におけるマーカー（すなわち、マーカー M k 1 ～マーカー M k N のそれぞれ）は、図心マーカーである。ここで、図 2 ～図 7 を参照し、図心マーカーについて説明する。

【0067】

まず、図心マーカーの図心について説明する。図 2 は、図心を説明するための図である。図 2 には、輪郭が曲線によって形成された図形 F 0 と、図形 F 0 を構成する各点の位置を表すための二次元座標系と、当該各点の位置を示すベクトル r_i とが示されている。ここで、図 2 では、ベクトル r を、 r の上に矢印を付帯させることによって表している。また、ベクトル r_i の「 $_$ 」の後に付された「 i 」は、図 2 に示したベクトル r の下付き添え字 i を示している。また、添え字 i は、図形 F 0 を構成する各点（例えば、画素）を区別するためのラベルである。また、図 2 において、二次元座標系の原点から図形 F 0 へ伸びる矢印は、ベクトル r_i の大きさ及び方向を表す矢印である。

【0068】

図心は、云わば図形の中心である。図心は、1 つの図形に対して 1 つのみ一意に決まる。図 2 に示した図形 F 0 の図心の位置は、ベクトル r_i を用いて、以下に示した式 (1) によって定義されるベクトル c によって表される。

【0069】

【数 1】

$$\bar{c} = \frac{\sum \bar{r}_i}{N} \quad \dots (1)$$

【0070】

式(1)において、ベクトル c は、 c の上に矢印を付帯させることによって表している。また、 N は、図形 F_0 を構成する各点の数であり、1以上の整数である。すなわち、図2に示した図形 F_0 の図心の位置は、図形 F_0 を構成する各点の位置を表すベクトルの総和を、当該各点の数によって除したベクトル (N 個のベクトルの平均) によって表される。なお、図2では、二次元の図形 F_0 と、二次元の座標系と、二次元のベクトルとを用いて図心について説明したが、図心の位置は、三次元以上の図形に対しても上記の式(1)によって定義されるベクトル c によって表される。

【0071】

図心マーカーは、3以上の図形の組み合わせによって構成されるマーカーである。また、図心マーカーを構成する当該3以上の図形それぞれの図心は、所定の範囲内に収まる(含まれる)。例えば、図形 A_0 と、図形 B_0 と、図形 C_0 との組み合わせによって構成される図心マーカーは、図形 A_0 の図心 A_1 と、図形 B_0 の図心 B_1 と、図形 C_0 の図心 C_1 とが所定の範囲内に収まる(含まれる)。所定の範囲は、例えば、半径が数画素程度の円形の範囲であるが、半径が1画素未満の円形の範囲であってもよく、半径が数画素以上の円形の範囲であってもよく、矩形等の円形とは異なる他の形状の範囲であってもよい。

【0072】

図3は、図心マーカーの一例を示す図である。図3に示したマーカー M_{k1} は、図1に示した対象物 O_1 に貼付されている図心マーカーである。図3に示したように、図心マーカーを構成する3以上の図形は、二値化画像において白色又は黒色のみの部分領域として検出される。マーカー M_{k1} は、輪郭が円形状の黒色の部分領域によって表される図形 M_{11} と、輪郭がリング形状の白色の部分領域によって表される図形 M_{12} と、輪郭がリング形状の黒色の部分領域によって表される図形 M_{13} との3つの図形によって構成されている。また、マーカー M_{k1} は、図形 M_{11} と、図形 M_{12} と、図形 M_{13} とのそれぞれの図心が、所定の範囲内に収まるように作られている。このため、図形 M_{11} と、図形 M_{12} と、図形 M_{13} との組み合わせによって構成されるマーカー M_{k1} は、図心マーカーである。なお、マーカー M_{k1} における図形 M_{11} ~ 図形 M_{13} は、同心円であり、図心が当該同心円の中心に位置する。

【0073】

図4は、図心マーカーの他の例を示す図である。図4に示したマーカー M_{kN} は、図1に示した対象物 O_N に貼付されている図心マーカーである。マーカー M_{kN} は、輪郭が円形状の白色の部分領域によって表される図形 M_{N1} と、輪郭がリング形状の黒色の部分領域によって表される図形 M_{N2} と、輪郭がリング形状の白色の部分領域によって表される図形 M_{N3} と、輪郭がリング形状の黒色の部分領域によって表される図形 M_{N4} との4つの図形によって構成されている。また、マーカー M_{kN} は、図形 M_{N1} と、図形 M_{N2} と、図形 M_{N3} と、図形 M_{N4} とのそれぞれの図心が、所定の範囲内に収まるように作られている。このため、図形 M_{N1} と、図形 M_{N2} と、図形 M_{N3} と、図形 M_{N4} との組み合わせによって構成されるマーカー M_{kN} は、図心マーカーである。なお、マーカー M_{kN} における図形 M_{N1} ~ 図形 M_{N4} は、同心円であり、図心が当該同心円の中心に位置する。

【0074】

図3及び図4に示したマーカー M_{k1} 及びマーカー M_{kN} は、図心マーカーを構成する3以上の図形の組み合わせが同心円を構成していた。しかし、図心マーカーは、図心マ

カーを構成する 3 以上の図形の組み合わせが同心円を構成するもののみに限られない。図 5 ~ 図 7 に示した図心マーカーは、図心マーカーを構成する 3 以上の図形の組み合わせが同心円を構成していない場合の例である。図 5 は、同心円を構成していない 3 つの図形によって構成される図心マーカーの一例を示す図である。図 6 は、同心円を構成していない 4 つの図形によって構成される図心マーカーの一例を示す図である。図 7 は、同心円を構成していない 4 つの図形によって構成される図心マーカーの他の例を示す図である。

【 0 0 7 5 】

この一例において、これらの図心マーカーが貼付された物体（例えば、図 1 に示した対象物 O 1 ~ 対象物 O N のそれぞれ）の位置は、当該図心マーカーの図心の位置によって表される。当該図心マーカーの図心の位置は、所定の範囲内に含まれる 3 以上の図心の位置を示すベクトルの総和を図心の数で除したベクトル（3 以上のベクトルの平均）によって表される。なお、当該図心マーカーが貼付された物体の位置は、これに代えて、当該図心マーカーの図心の位置に対応付けられた他の位置によって表される構成であってもよい。本実施形態に係るロボット制御装置 3 0 は、図 3 ~ 図 7 に示したような図心マーカーであるマーカー M k 1 ~ マーカー M k N のそれぞれを撮像画像から検出し、検出したマーカー M k 1 ~ マーカー M k N のそれぞれの図心の位置を、対象物 O 1 ~ 対象物 O N のそれぞれの位置として算出する。

【 0 0 7 6 】

なお、ロボット制御装置 3 0 が検出するマーカーは、これらの図心マーカーに代えて、カラーマーカーやバーコード、QR コード（登録商標）等の他のマーカーであってもよい。

【 0 0 7 7 】

< 二値化の閾値とロボット制御装置 3 0 がマーカーを検出する精度の関係 >

以下、図 8 ~ 図 1 2 を参照し、二値化の閾値とロボット制御装置 3 0 が対象マーカーを検出する精度の関係について説明する。

【 0 0 7 8 】

図 8 は、6 4 個の図心マーカーを含む撮像画像の一例を示す図である。図 8 に示した撮像画像 G 1 には、マーカー M k s 1 ~ マーカー M k s 6 4 までの 6 4 個の図心マーカー M k s が含まれている。対象マーカーを検出するために適していない二値化の閾値に基づいてロボット制御装置 3 0 が撮像画像 G 1 を二値化画像に変換した場合、当該二値化画像は、図 9 に示した二値化画像 G 2 のようになる。

【 0 0 7 9 】

図 9 は、対象マーカーを検出するために適していない二値化の閾値に基づいてロボット制御装置 3 0 が図 8 に示した撮像画像 G 1 を二値化した場合の二値化画像の一例を示す図である。図 9 に示したように、対象マーカーを検出するために適していない二値化の閾値に基づいてロボット制御装置 3 0 が図 8 に示した撮像画像 G 1 を二値化した二値化画像 G 2 では、撮像画像 G 1 に含まれていた 6 4 個の図心マーカー M k s のうちの少なくとも一部が黒く塗り潰されてしまう。

【 0 0 8 0 】

図 1 0 は、図 9 に示した二値化画像 G 2 からロボット制御装置 3 0 により検出された図心マーカー M k s の一部を構成する 3 以上の図形のそれぞれを例示する図である。図 1 0 では、当該図形のそれぞれを、ハッチングの違いによって区別している。図 1 0 に示したように、二値化画像 G 2 からロボット制御装置 3 0 が検出した図心マーカー M k s のそれぞれを構成する 3 以上の図形は、一部が黒く塗り潰されており、他の一部が元の形と異なる形の図形として検出されており、更に他の一部において図心マーカー M k s のそれぞれを構成する 3 以上の図形の一部が 1 つの図形として検出されており、残りの一部が正常に検出されている。すなわち、ロボット制御装置 3 0 は、対象マーカーを検出するために適していない二値化の閾値に基づいて撮像画像 G 1 を二値化した二値化画像 G 2 からは、マーカー M k s 1 ~ マーカー M k s 6 4 のうちの検出したい所望の図心マーカーを検出することができない場合がある。例えば、検出したい所望の図心マーカーがマーカー M k s 1

～マーカー M k s 6 4 の全部の図心マーカーであった場合、図 9 及び図 1 0 に示した例では、ロボット制御装置 3 0 は、所望の図心マーカーを検出できていない。

【 0 0 8 1 】

一方、図 1 1 は、対象マーカーを検出するために適した二値化の閾値に基づいてロボット制御装置 3 0 が図 8 に示した撮像画像 G 1 を二値化した場合の二値化画像の一例を示す図である。図 1 1 に示したように、対象マーカーを検出するために適した二値化の閾値に基づいてロボット制御装置 3 0 が図 8 に示した撮像画像 G 1 を二値化した二値化画像 G 3 では、撮像画像 G 1 に含まれていた 6 4 個の図心マーカーは全て、黒く塗り潰されていない。

【 0 0 8 2 】

図 1 2 は、図 1 1 に示した二値化画像 G 2 からロボット制御装置 3 0 により検出された図心マーカー M k s を構成する 3 以上の図形のそれぞれを例示する図である。図 1 2 では、当該図形のそれぞれを、ハッチングの違いによって区別している。図 1 2 に示したように、二値化画像 G 3 からロボット制御装置 3 0 が検出した図心マーカー M k s のそれぞれを構成する 3 以上の図形は、全てが正常に検出されている。すなわち、ロボット制御装置 3 0 は、マーカーを検出するために適した二値化の閾値に基づいて撮像画像 G 1 を二値化した二値化画像 G 3 からは、マーカー M k s 1 ～マーカー M k s 6 4 のうちの検出したい所望の図心マーカーを検出することができている。例えば、検出したい所望の図心マーカーがマーカー M k s 1 ～マーカー M k s 6 4 の全部の図心マーカーであった場合、図 1 1 及び図 1 2 に示した例では、ロボット制御装置 3 0 は、所望の図心マーカーを検出でき

【 0 0 8 3 】

このように、二値化の閾値として選択した輝度値が対象マーカーを検出するために適していない輝度値である場合、ロボット制御装置 3 0 は、対象マーカーを検出することができない場合があるが、二値化の閾値として選択した輝度値が対象マーカーを検出するために適した輝度値である場合、ロボット制御装置 3 0 は、対象マーカーを検出することができる。このため、ロボット制御装置 3 0 が対象マーカーを検出するために適している輝度値を二値化の閾値として選択することは、ロボット制御装置 3 0 がロボット 2 0 に高い精度で作業を行わせる上で重要である。

【 0 0 8 4 】

< ロボット制御装置 3 0 のハードウェア構成 >

以下、図 1 3 を参照し、ロボット制御装置 3 0 のハードウェア構成について説明する。図 1 3 は、ロボット制御装置 3 0 のハードウェア構成の一例を示す図である。ロボット制御装置 3 0 は、例えば、C P U (Central Processing Unit) 3 1 と、記憶部 3 2 と、入力受付部 3 3 と、通信部 3 4 と、表示部 3 5 を備える。また、ロボット制御装置 3 0 は、通信部 3 4 を介してロボット 2 0 と通信を行う。これらの構成要素は、バス B u s を介して相互に通信可能に接続されている。

【 0 0 8 5 】

C P U 3 1 は、記憶部 3 2 に格納された各種プログラムを実行する。

記憶部 3 2 は、例えば、H D D (Hard Disk Drive) や S S D (Solid State Drive)、E E P R O M (Electrically Erasable Programmable Read - Only Memory)、R O M (Read - Only Memory)、R A M (Random Access Memory) 等を含む。なお、記憶部 3 2 は、ロボット制御装置 3 0 に内蔵されるものに代えて、U S B 等のデジタル入出力ポート等によって接続された外付け型の記憶装置であってもよい。記憶部 3 2 は、ロボット制御装置 3 0 が処理する各種情報や画像、プログラム、図示しない給材領域の位置を示す情報等を格納する。

【 0 0 8 6 】

入力受付部 3 3 は、例えば、キーボードやマウス、タッチパッド等を備えたティーチングペンダントや、その他の入力装置である。なお、入力受付部 3 3 は、タッチパネルとして表示部 3 5 と一体に構成されてもよい。

通信部 34 は、例えば、U S B 等のデジタル入出力ポートやイーサネット（登録商標）ポート等を含んで構成される。

表示部 35 は、例えば、液晶ディスプレイパネル、あるいは、有機 E L（ElectroLuminescence）ディスプレイパネルである。

【0087】

< ロボット制御装置 30 の機能構成 >

以下、図 14 を参照し、ロボット制御装置 30 の機能構成について説明する。図 14 は、ロボット制御装置 30 の機能構成の一例を示す図である。ロボット制御装置 30 は、記憶部 32 と、制御部 36 を備える。

【0088】

制御部 36 は、ロボット制御装置 30 の全体を制御する。制御部 36 は、撮像制御部 40 と、画像取得部 42 と、画像処理部 44 と、ロボット制御部 46 を備える。制御部 36 が備えるこれらの機能部は、例えば、C P U 31 が、記憶部 32 に記憶された各種プログラムを実行することにより実現される。また、これらの機能部のうち一部又は全部は、L S I（Large Scale Integration）や A S I C（Application Specific Integrated Circuit）等のハードウェア機能部であってもよい。

【0089】

撮像制御部 40 は、作業領域を含む撮像範囲を第 3 撮像部 23 と第 4 撮像部 24 にステレオ撮像させる。

画像取得部 42 は、第 3 撮像部 23 と第 4 撮像部 24 がステレオ撮像した撮像画像を、第 3 撮像部 23 と第 4 撮像部 24 から取得する。

【0090】

画像処理部 44 は、画像取得部 42 が取得した撮像画像に対して各種の画像処理を行う。画像処理部 44 は、マーカー情報読出部 49 と、対応情報読出部 50 と、検出方法選択部 51 と、マーカー検出処理部 52 と、サンプル画像読出部 53 と、対応情報生成部 54 と、表示制御部 55 と、対応情報編集部 56 を備える。

【0091】

マーカー情報読出部 49 は、記憶部 32 に予め記憶されたマーカー情報を読み出す。マーカー情報は、ロボット制御装置 30 がロボット 20 に所定の作業を行わせる際に検出する 1 以上のマーカーのそれぞれを示す情報を含む情報である。この一例において、マーカー情報は、当該 1 以上のマーカーのそれぞれを示すマーカー I D と、前述のマーカーのモデル画像とを対応付けた情報を含む。なお、マーカー情報は、マーカー I D に対応付けられる他の情報を含む構成であってもよい。

【0092】

対応情報読出部 50 は、記憶部 32 に予め記憶された対応情報を記憶部 32 から読み出す。この一例において、対応情報は、複数のマーカーのそれぞれを示すマーカー I D と、マーカー I D が示すマーカーを検出するために適したマーカー検出方法を示す情報とが対応付けられた情報を含む情報である。この一例において、対応情報は、図 15 に示したテーブルに格納され、記憶部 32 に記憶される。図 15 は、対応情報が格納されたテーブルの一例を示す図である。

【0093】

図 15 に示したテーブルには、マーカー I D と、マーカー検出方法とが対応付けられて格納されている。また、当該テーブルには、マーカー I D と、マーカー I D が示すマーカーを撮像画像から検出することが可能な二値化画像への当該撮像画像の変換を実現する二値化の閾値のうちの最小の閾値である検出可能最小閾値と、当該二値化の閾値のうちの最大の閾値である検出可能最大閾値とによって表される検出可能範囲が対応付けられて格納されている。すなわち、検出可能範囲は、検出可能最小閾値から検出可能最大閾値までの範囲のことである。

【0094】

マーカー検出方法は、この一例において、「- 2」が第 1 検出方法を示し、「- 1」が

10

20

30

40

50

第 2 検出方法を示し、他の正の整数が第 3 検出方法を示す。また、当該他の正の整数は、第 3 検出方法における予め定められた値、すなわち第 3 検出方法における二値化の閾値（輝度値）を示す。この一例において、当該二値化の閾値は、当該二値化の閾値に対応付けられた検出可能範囲における検出可能最小閾値と検出可能最大閾値との平均値である。なお、当該二値化の閾値は、例えば、検出可能最小閾値や検出可能最大閾値、検出可能範囲の間の平均値と異なる値等の他の検出可能範囲内の値であってもよい。また、第 1 検出方法及び第 2 検出方法のそれぞれに対応付けられた検出可能範囲（すなわち、検出可能最小閾値及び検出可能最大閾値）には、この一例において、Null 情報が格納される。

【0095】

例えば、図 15 では、マーカー ID が「1」のマーカーには、当該マーカーを検出するために適したマーカー検出方法として第 2 検出方法が対応付けられている。また、マーカー ID が「2」のマーカーには、当該マーカーを検出するために適したマーカー検出方法として第 3 検出方法が対応付けられており、当該マーカーを検出するために用いる二値化の閾値が 90 である。また、マーカー ID が「4」のマーカーには、当該マーカーを検出するために適したマーカー検出方法として、第 1 検出方法が対応付けられている。

【0096】

検出方法選択部 51 は、マーカー情報読出部 49 が記憶部 32 から読み出したマーカー情報に基づいてマーカー検出処理部 52 が選択した対象マーカーを示すマーカー ID に対応付けられたマーカー検出方法を、対応情報読出部 50 が記憶部 32 から読み出した対応情報に基づいて選択する。

【0097】

マーカー検出処理部 52 は、マーカー情報読出部 49 が記憶部 32 から読み出したマーカー情報に基づいて、対象マーカーを示すマーカー ID を 1 つずつ選択する。そして、マーカー検出処理部 52 は、検出方法選択部 51 が選択したマーカー検出方法に基づいて、画像取得部 42 が取得した撮像画像から対象マーカーを検出する。

【0098】

サンプル画像読出部 53 は、対応情報生成部 54 が対応情報を生成する際に用いる 1 以上のサンプル画像を記憶部 32 から読み出す。サンプル画像には、マーカー情報読出部 49 が記憶部 32 から読み出すマーカー情報に含まれるマーカー ID が示す 1 以上のマーカーが含まれている。また、1 以上のサンプル画像のそれぞれは、互いに撮像された撮像条件が異なる。撮像条件は、例えば、サンプル画像が撮像された際の当該サンプル画像に含まれる 1 以上のマーカーの一部又は全部に対する照明の明るさの違いや、サンプル画像に含まれる 1 以上のマーカーの一部又は全部の配置位置の違い、サンプル画像が撮像された日時や季節の違い、サンプル画像が撮像された場所の違い等によって定まる条件である。

【0099】

この一例では、当該 1 以上のサンプル画像が、予め撮像されて記憶部 32 に記憶されている場合について説明する。なお、当該 1 以上のサンプル画像は、これに代えて、第 3 撮像部 23 及び第 4 撮像部 24 に撮像させる構成であってもよい。この場合、画像処理部 44 は、サンプル画像読出部 53 を備えなくてもよい。その代わりに、画像取得部 42 がサンプル画像となる撮像画像を第 3 撮像部 23 及び第 4 撮像部 24 から取得する。

【0100】

対応情報生成部 54 は、サンプル画像読出部 53 が記憶部 32 から読み出した 1 以上のサンプル画像に基づいて、対応情報を生成する。

表示制御部 55 は、記憶部 32 に記憶された対応情報を編集する GUI（Graphical User Interface）を含む編集画面等を表示部 35 に表示させる。

対応情報編集部 56 は、表示制御部 55 が表示部 35 に表示させた編集画面を介して受け付けたユーザーからの操作に基づいて、記憶部 32 に記憶された対応情報を編集する。

【0101】

ロボット制御部 46 は、マーカー検出処理部 52 が検出した対象マーカーの図心の位置に基づいて所定の作業をロボット 20 に行わせる。

10

20

30

40

50

【 0 1 0 2 】

< 制御部 3 6 がロボット 2 0 に所定の作業を行わせる処理の流れについて >

以下、図 1 6 を参照し、制御部 3 6 がロボット 2 0 に所定の作業を行わせる処理について説明する。図 1 6 は、制御部 3 6 がロボット 2 0 に所定の作業を行わせる処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【 0 1 0 3 】

撮像制御部 4 0 は、図 1 に示した作業領域を含む撮像範囲を第 3 撮像部 2 3 及び第 4 撮像部 2 4 にステレオ撮像させる（ステップ S 5 0）。次に、画像取得部 4 2 は、ステップ S 5 0 において第 3 撮像部 2 3 及び第 4 撮像部 2 4 がステレオ撮像した撮像画像を第 3 撮像部 2 3 及び第 4 撮像部 2 4 から取得する（ステップ S 6 0）。

10

【 0 1 0 4 】

次に、マーカー検出処理部 5 2 は、ステップ S 6 0 において画像取得部 4 2 が取得した撮像画像に基づいて、マーカー検出処理を実行し、撮像画像に含まれるマーカー M k 1 ~ マーカー M k N のそれぞれを検出する（ステップ S 7 0）。次に、ロボット制御部 4 6 は、ステップ S 7 0 においてマーカー検出処理部 5 2 が検出したマーカー M k 1 ~ マーカー M k N の図心それぞれの位置を、図 1 に示した対象物 O 1 ~ 対象物 O N それぞれの位置として算出する（ステップ S 8 0）。

【 0 1 0 5 】

次に、ロボット制御部 4 6 は、ステップ S 8 0 において算出した対象物 O 1 ~ 対象物 O N それぞれの位置に基づいて、対象物 O 1 ~ 対象物 O N を 1 つずつ第 1 アームに把持させて図示しない給材領域に給材させる（ステップ S 9 0）。なお、ロボット制御部 4 6 は、予め記憶部 3 2 から給材領域の位置を示す情報を読み出している。ロボット制御部 4 6 は、第 1 アームに対象物 O 1 ~ 対象物 O N を全て給材領域に給材させた後、処理を終了する。

20

【 0 1 0 6 】

< マーカー検出処理の流れについて >

以下、図 1 7 を参照し、図 1 6 に示したステップ S 7 0 におけるマーカー検出処理について説明する。図 1 7 は、図 1 6 に示したステップ S 7 0 におけるマーカー検出処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【 0 1 0 7 】

マーカー検出処理部 5 2 は、マーカー情報読出部 4 9 に記憶部 3 2 からマーカー情報を読み出させる（ステップ S 1 0 0）。次に、マーカー検出処理部 5 2 は、対応情報読出部 5 0 に記憶部 3 2 から対応情報を読み出させる（ステップ S 1 1 0）。次に、マーカー検出処理部 5 2 は、ステップ S 1 0 0 においてマーカー情報読出部 4 9 が記憶部 3 2 から読み出したマーカー情報に含まれるマーカー I D（この一例において、マーカー M k 1 ~ マーカー M k N それぞれを示すマーカー I D）を 1 つずつ選択し、選択したマーカー I D が示すマーカーを対象マーカーとし、対象マーカー毎にステップ S 1 3 0 からステップ S 2 1 0 までの処理を繰り返し行う（ステップ S 1 2 0）。

30

【 0 1 0 8 】

次に、検出方法選択部 5 1 は、ステップ S 1 2 0 においてマーカー検出処理部 5 2 が選択した対象マーカーに対応付けられたマーカー検出方法を、ステップ S 1 1 0 において対応情報読出部 5 0 が記憶部 3 2 から読み出した対応情報から検出し、検出したマーカー検出方法を対象マーカーのマーカー検出方法として選択する。

40

【 0 1 0 9 】

次に、マーカー検出処理部 5 2 は、ステップ S 1 3 0 において検出方法選択部 5 1 が選択したマーカー検出方法が第 1 検出方法であったか否かを判定する（ステップ S 1 4 0）。検出方法選択部 5 1 が選択したマーカー検出方法が第 1 検出方法であったと判定した場合（ステップ S 1 4 0 - Y e s）、マーカー検出処理部 5 2 は、第 1 検出方法に基づいて第 1 検出処理を実行し、対象マーカーの検出を行う（ステップ S 1 5 0）。

【 0 1 1 0 】

50

次に、マーカー検出処理部 52 は、ステップ S 150 において対象マーカーの検出に成功したか否かを判定する（ステップ S 160）。対象マーカーの検出に成功したと判定した場合（ステップ S 160 - Yes）、マーカー検出処理部 52 は、ステップ S 120 に遷移し、次のマーカー ID が示すマーカーを対象マーカーとして選択する。なお、マーカー検出処理部 52 は、対象マーカーの検出に成功したと判定した場合であり、且つステップ S 120 において未選択のマーカー ID が存在しない場合、処理を終了する。一方、対象マーカーの検出に成功していない（失敗した）と判定した場合（ステップ S 160 - No）、マーカー検出処理部 52 は、エラー処理を実行し（ステップ S 210）、処理を終了する。より具体的には、エラー処理において、マーカー検出処理部 52 は、例えば、表示制御部 55 に、対象マーカーの検出に失敗したことを示す情報を表示部 35 へ表示させる。なお、エラー処理は、これに代えて、対象マーカーの検出に失敗したことをユーザーへ通知する他の処理であってもよい。

10

【0111】

一方、ステップ S 140 において、検出方法選択部 51 が選択したマーカー検出方法が第 1 検出方法ではないと判定した場合（ステップ S 140 - No）、マーカー検出処理部 52 は、ステップ S 130 において検出方法選択部 51 が選択したマーカー検出方法が第 2 検出方法であったか否かを判定する（ステップ S 170）。検出方法選択部 51 が選択したマーカー検出方法が第 2 検出方法であったと判定した場合（ステップ S 170 - Yes）、マーカー検出処理部 52 は、第 2 検出方法に基づいて第 2 検出処理を実行し、対象マーカーの検出を行う（ステップ S 180）。第 2 検出方法に基づいた第 2 検出処理では、この一例において、上記で説明した大津の方法によって二値化の閾値を決定し、決定した二値化の閾値に基づいて撮像画像を二値化画像に変換する。そして、当該第 2 検出処理では、変換した当該二値化画像から対象マーカーを検出する。大津の方法は、従来からよく知られた方法であるため、ここでは、第 2 検出処理の詳細についての説明を省略する。また、二値化画像から対象マーカーを検出する方法については、従来からよく知られた方法であってもよく、これから開発される新たな方法であってもよく、説明を省略する。

20

【0112】

次に、マーカー検出処理部 52 は、ステップ S 180 において対象マーカーの検出に成功したか否かを判定する（ステップ S 190）。対象マーカーの検出に成功したと判定した場合（ステップ S 190 - Yes）、マーカー検出処理部 52 は、ステップ S 120 に遷移し、次のマーカー ID が示すマーカーを対象マーカーとして選択する。なお、マーカー検出処理部 52 は、対象マーカーの検出に成功したと判定した場合であり、且つステップ S 120 において未選択のマーカー ID が存在しない場合、処理を終了する。一方、対象マーカーの検出に成功していないと判定した場合（ステップ S 190 - No）、マーカー検出処理部 52 は、ステップ S 150 に遷移し、第 1 検出方法に基づいて第 1 検出処理を実行し、対象マーカーの検出を行う。

30

【0113】

一方、ステップ S 170 において、検出方法選択部 51 が選択したマーカー検出方法が第 2 検出方法ではないと判定した場合（ステップ S 170 - No）、マーカー検出処理部 52 は、第 3 検出方法に基づいて第 3 検出処理を実行し、対象マーカーの検出を行う（ステップ S 200）。そして、マーカー検出処理部 52 は、ステップ S 190 に遷移し、ステップ S 200 において対象マーカーの検出に成功したか否かを判定する。第 3 検出方法に基づいた第 3 検出処理では、マーカー検出処理部 52 は、ステップ S 110 においてマーカー情報読出部 49 が記憶部 32 から読み出した対応情報に基づいて、対象マーカーに対応付けられた二値化の閾値を検出し、検出した二値化の閾値を予め定められた二値化の閾値として決定する。そして、マーカー検出処理部 52 は、決定した二値化の閾値に基づいて撮像画像を二値化画像に変換する。そして、当該第 3 検出処理では、変換した当該二値化画像から対象マーカーを検出する。二値化画像から対象マーカーを検出する方法については、従来からよく知られた方法であってもよく、これから開発される新たな方法であってもよく、説明を省略する。

40

50

【0114】

このように、ロボット制御装置30は、対象マーカの検出時間が第2検出方法及び第3検出方法よりも長い第1検出方法によって対象マーカを検出しなくても、第2検出方法又は第3検出方法によって対象マーカを検出可能な場合は、第1検出方法よりも検出時間の短い第2検出方法又は第3検出方法によって対象マーカを検出することができる。第2検出方法又は第3検出方法によって対象マーカを検出可能な場合は、すなわち、対象マーカに第2検出方法又は第3検出方法が対応付けられている場合である。

【0115】

また、ロボット制御装置30は、対象マーカの検出時間が第3検出方法よりも長い第1検出方法及び第2検出方法によって対象マーカを検出しなくても、第3検出方法によって対象マーカを検出可能な場合は、対象マーカの検出精度の低下を抑制しつつ、第1検出方法及び第2検出方法よりも検出時間の短い第3検出方法によって対象マーカを検出することができる。これらの結果、ロボット制御装置30は、マーカの検出精度の向上と、マーカの検出時間の短縮とを両立することができる。

【0116】

< 第1検出処理の流れについて >

以下、図18を参照し、図17に示したステップS150における第1検出処理について説明する。図18は、図17に示したステップS150における第1検出処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【0117】

マーカ検出処理部52は、図16に示したステップS50において画像取得部42が取得した撮像画像に対して1以上の探索範囲を設定し、設定した探索範囲毎にステップS310からステップS360までの処理を繰り返し実行する(ステップS300)。この一例において、探索範囲は、1つのみである。すなわち、探索範囲は、撮像画像の全体である。

【0118】

ステップS300において探索範囲を選択した後、マーカ検出処理部52は、0から255までの輝度値(0を含む256個の整数値)を0から順に1つつ二値化の閾値として選択し、選択した二値化の閾値毎にステップS320からステップS360までの処理を繰り返し行う(ステップS310)。

【0119】

ステップS310において二値化の閾値を選択した後、マーカ検出処理部52は、図16に示したステップS50において画像取得部42が取得した撮像画像をグレースケール画像に変換する(ステップS320)。次に、マーカ検出処理部52は、ステップS320において撮像画像をグレースケール化処理によって変換したグレースケール画像を、ステップS310において選択した二値化の閾値に基づいて二値化画像に変換する(ステップS330)。

【0120】

次に、マーカ検出処理部52は、ステップS330においてグレースケール画像を二値化処理によって変換した二値化画像から、1以上の部分領域を検出する(ステップS340)。当該部分領域は、二値化画像内における1以上の白色の画素のみから構成される領域である白色部分領域と、当該二値化画像内における1以上の黒色の画素のみから構成される黒色部分領域である。なお、マーカ検出処理部52は、二値化画像内から選択した画素を中心とした8画素近傍に当該画素の色と同じ色の画素が存在する場合、これらの画素を繋がった1つの部分領域に含まれる画素と見做す。マーカ検出処理部52は、二値化画像から1以上の部分領域を検出した後、検出した当該部分領域のそれぞれを区別するためのラベリングを行う。

【0121】

次に、マーカ検出処理部52は、ステップS340において検出した1以上の部分領域に基づいて、対象マーカの検出を実行する(ステップS350)。より具体的には、

マーカ－検出処理部 5 2 は、ステップ S 3 4 0 においてラベリングした部分領域のそれぞれを図形とした場合の各図形の図心の位置を算出する。そして、マーカ－検出処理部 5 2 は、算出した図心の位置に基づいて、3 以上の図心が所定の範囲内に収まっている図形（すなわち、部分領域）の組み合わせを図心マーカ－として検出する。マーカ－検出処理部 5 2 は、検出した 1 以上の図心マーカ－から、パターンマッチング等によって対象マーカ－を検出する。1 以上の図心マーカ－からパターンマッチングによって対象マーカ－を検出する場合、マーカ－検出処理部 5 2 は、予め記憶部 3 2 に記憶された対象マーカ－のモデル画像を読み出し、読み出した当該モデル画像に基づいて 1 以上の図心マーカ－から対象マーカ－を検出する。

【 0 1 2 2 】

次に、マーカ－検出処理部 5 2 は、ステップ S 3 5 0 の処理において対象マーカ－の検出に成功したか否かを判定する（ステップ S 3 6 0）。対象マーカ－の検出に成功したと判定した場合（ステップ S 3 6 0 - Y e s）、マーカ－検出処理部 5 2 は、処理を終了する。一方、対象マーカ－の検出に成功していないと判定した場合（ステップ S 3 6 0 - N o）、マーカ－検出処理部 5 2 は、ステップ S 3 1 0 に遷移し、次の二値化の閾値を選択する。そして、ステップ S 3 1 0 において選択可能なすべての二値化の閾値についてステップ S 3 2 0 からステップ S 3 6 0 までの処理を実行した後、マーカ－検出処理部 5 2 は、ステップ S 3 0 0 に遷移し、次の探索範囲を選択する。この一例において、探索範囲は 1 つのみであるため、マーカ－検出処理部 5 2 は、ステップ S 3 1 0 において選択可能なすべての二値化の閾値についてステップ S 3 2 0 からステップ S 3 6 0 までの処理を実行した後、処理を終了する。

【 0 1 2 3 】

このように、ロボット制御装置 3 0 は、複数のマーカ－（この一例において、マーカ－ M k 1 ~ マーカ－ M k N）のそれぞれ毎に対応付けられたマーカ－検出方法によって当該複数のマーカ－のそれぞれを検出する。これにより、ロボット制御装置 3 0 は、マーカ－の検出精度の向上と、マーカ－の検出時間の短縮とを両立することができる。

【 0 1 2 4 】

< 対応情報を生成する処理の流れについて >

以下、図 1 9 を参照し、ロボット制御装置 3 0 が対応情報を生成する処理について説明する。図 1 9 は、ロボット制御装置 3 0 が対応情報を生成する処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【 0 1 2 5 】

対応情報生成部 5 4 は、対応情報を格納するテーブルを記憶部 3 2 の記憶領域内に生成する（ステップ S 4 0 0）。次に、対応情報生成部 5 4 は、ステップ S 4 0 0 において記憶部 3 2 の記憶領域内に生成したテーブルを初期化する（ステップ S 4 1 0）。例えば、対応情報生成部 5 4 は、当該テーブルの初期化として、当該テーブルにおいて情報を格納するフィールドのそれぞれに N u l l 情報を格納する。なお、対応情報生成部 5 4 は、これに代えて、他の方法によって当該テーブルを初期化する構成であってもよい。

【 0 1 2 6 】

次に、対応情報生成部 5 4 は、マーカ－情報読出部 4 9 に記憶部 3 2 からマーカ－情報を読み出させる（ステップ S 4 2 0）。次に、対応情報生成部 5 4 は、サンプル画像読出部 5 3 に記憶部 3 2 からサンプル画像を読み出させる（ステップ S 4 2 5）。この一例において、サンプル画像読出部 5 3 が読み出すサンプル画像は、1 つのみである場合について説明する。なお、対応情報生成部 5 4 は、サンプル画像読出部 5 3 に記憶部 3 2 からサンプル画像を読み出させる構成に代えて、撮像制御部 4 0 にサンプル画像となる撮像画像を第 3 撮像部 2 3 及び第 4 撮像部 2 4 に撮像させる構成であってもよい。この場合、対応情報生成部 5 4 は、画像取得部 4 2 に第 3 撮像部 2 3 及び第 4 撮像部 2 4 が撮像した撮像画像をサンプル画像として取得させる。

【 0 1 2 7 】

次に、対応情報生成部 5 4 は、ステップ S 4 2 0 においてマーカ－情報読出部 4 9 が読

み出したマーカー情報に含まれるマーカーIDを1つずつ選択し、選択したマーカーIDが示すマーカーを対象マーカーとして、対象マーカー毎にステップS440からステップS500までの処理を繰り返し行う(ステップS430)。

【0128】

ステップS430において対象マーカーが選択された後、対応情報生成部54は、ステップS425においてサンプル画像読出部53が読み出したサンプル画像に対して1以上の探索範囲を設定し、設定した探索範囲毎にステップS450からステップS500までの処理を繰り返し実行する(ステップS440)。この一例において、探索範囲は、1つのみである。すなわち、探索範囲は、撮像画像の全体である。

【0129】

対応情報生成部54は、第2検出方法に基づいて第2検出処理を実行し、ステップS425においてサンプル画像読出部53が記憶部32から読み出したサンプル画像から対象マーカーを検出する(ステップS450)。次に、対応情報生成部54は、ステップS450において対象マーカーの検出に成功したか否かを判定する(ステップS460)。対象マーカーの検出に成功したと判定した場合(ステップS460 - Yes)、対応情報生成部54は、ステップS495に遷移し、第2検出方法を示す情報(この一例において、前述した「-1」と、対象マーカーを示すマーカーIDと、検出可能範囲を示す情報としてのNull情報とを対応付けた対応情報を生成する(ステップS495)。一方、対象マーカーの検出に成功していないと判定した場合(ステップS460 - No)、対応情報生成部54は、ステップS440に遷移し、次の探索範囲を選択する。この一例において、探索範囲は1つのみであるため、対応情報生成部54は、対象マーカーの検出に成功していないと判定した場合、ステップS470に遷移し、ステップS440においてサンプル画像に設定した探索範囲毎にステップS480からステップS490までの処理を繰り返し実行する(ステップS470)。

【0130】

ステップS470において探索範囲を選択した後、対応情報生成部54は、対象マーカーの検出可能範囲を導出する(ステップS480)。ここで、ステップS480の処理について説明する。対応情報生成部54は、ステップS425においてサンプル画像読出部53が記憶部32から読み出したサンプル画像に対して図18に示したフローチャートのうちのステップS360を省略した場合におけるステップS300からステップS350までの処理を実行する。これにより、対応情報生成部54は、対象マーカーの検出に成功した探索範囲における検出可能最小閾値と、検出可能最大閾値とを導出する。この一例において、探索範囲は1つのみであるため、当該サンプル画像の全体から当該処理において対象マーカーの検出を実行し、検出可能最小閾値と、検出可能最大閾値とを導出する。

【0131】

なお、対応情報生成部54は、検出可能最小閾値と、検出可能最大閾値とが導出できなかった場合、すなわち当該処理において一度も対象マーカーが検出できなかった場合、検出可能最小閾値と、検出可能最大閾値とをNull情報とする。

【0132】

ステップS480において検出可能範囲を導出した後、対応情報生成部54は、ステップS470に遷移し、次の探索範囲を選択する。この一例において、探索範囲は1つのみであるため、対応情報生成部54は、ステップS480において検出可能範囲を導出した後、ステップS495に遷移し、ステップS480において導出した検出可能最小閾値及び検出可能最大閾値と、対象マーカーを示すマーカーIDと、第3検出方法を示す情報としての検出可能最小閾値と検出可能最大閾値との平均値とを対応付けた対応情報を生成する。この際、検出可能最小閾値と検出可能最大閾値とがNull情報であった場合、対応情報生成部54は、当該対応情報を生成することに代えて、Null情報である検出可能最小閾値及び検出可能最大閾値と、対象マーカーを示すマーカーIDと、第1検出方法を示す情報(この一例において、「-2」とを対応付けた対応情報を生成する。

【0133】

次に、対応情報生成部 54 は、ステップ S 495 において生成した対応情報を、ステップ S 410 において初期化したテーブルに格納する（ステップ S 500）。そして、対応情報生成部 54 は、ステップ S 430 に遷移し、次のマーカー ID を選択する。また、ステップ S 430 において未選択のマーカー ID が存在しない場合、対応情報生成部 54 は、処理を終了する。

【0134】

このように、ロボット制御装置 30 は、サンプル画像と、マーカー情報とに基づいて対応情報を生成する。これにより、ロボット制御装置 30 は、生成した対応情報に基づいて、対象マーカーに対応付けられたマーカー検出方法を用いて対象マーカーを検出することができる。その結果、ロボット制御装置 30 は、マーカーの検出精度の向上と、マーカーの検出時間の短縮とを両立することができる。

10

【0135】

< 対応情報を編集する処理の流れについて >

以下、図 20 を参照し、ユーザーから受け付けた操作に基づいてロボット制御装置 30 が対応情報を編集する処理について説明する。図 20 は、ユーザーから受け付けた操作に基づいてロボット制御装置 30 が対応情報を編集する処理の流れの一例を示すフローチャートである。なお、以下では、前述の編集画面を表示部 35 に表示させる操作を、表示制御部 55 が入力受付部 33 を介して受け付けた後の処理について説明する。

【0136】

対応情報編集部 56 は、対応情報読出部 50 に記憶部 32 から対応情報を読み出させる（ステップ S 510）。次に、表示制御部 55 は、編集画面を表示部 35 に表示させる（ステップ S 520）。次に、対応情報編集部 56 は、ユーザーから編集画面を介して対応情報を編集する編集操作を受け付けるまで待機する（ステップ S 530）。ユーザーから編集画面を介して対応情報を編集する編集操作を受け付けた後（ステップ S 530 - Yes）、対応情報編集部 56 は、ユーザーから受け付けた編集操作に基づいて対応情報を編集する（ステップ S 540）。例えば、対応情報編集部 56 は、ユーザーから受け付けた編集操作に基づいて、ユーザーが選択したマーカー ID に対応付けられたマーカー検出方法を、他のマーカー検出方法に変更する。また、例えば、対応情報編集部 56 は、ユーザーから受け付けた編集操作に基づいて、ユーザーが選択したマーカー ID に対応付けられた二値化の閾値、検出可能最小閾値、検出可能最大閾値の一部又は全部を、他の値に変更する。

20

30

【0137】

次に、対応情報編集部 56 は、ユーザーから編集画面を介して対応情報の編集を終了する操作を受け付けたか否かを判定する（ステップ S 550）。対応情報の編集を終了する操作を受け付けていないと判定した場合（ステップ S 550 - No）、対応情報編集部 56 は、ステップ S 530 に遷移し、再びユーザーから編集画面を介して対応情報を編集する編集操作を受け付けるまで待機する。一方、対応情報の編集を終了する操作を受け付けたと判定した場合（ステップ S 550 - Yes）、対応情報編集部 56 は、処理を終了する。

【0138】

このように、ロボット制御装置 30 は、ユーザーから受け付けた操作に基づいて、対応情報を編集する。これにより、ロボット制御装置 30 は、対応情報をユーザーが所望する対応情報に編集する機能をユーザーに提供することができる。ここで、図 21 を参照し、ユーザーによって行われる対応情報の編集のうち、ユーザーがマーカー ID に対応付けられたマーカー検出方法を変更する場合における、マーカー検出方法のユーザーによる決定方法について説明する。

40

【0139】

図 21 は、マーカー検出方法のユーザーによる決定方法の流れの一例を示す図である。

ユーザーは、マーカー情報に含まれるマーカー ID を 1 つずつ選択し、選択したマーカー ID が示すマーカーを対象マーカーとして、対象マーカー毎にステップ S 610 からス

50

ステップ S 6 5 0 の処理を行う（ステップ S 6 0 0）。

【 0 1 4 0 】

ユーザーは、第 3 撮像部 2 3 及び第 4 撮像部 2 4 により撮像される撮像範囲の撮像条件が安定しているか否かを判定する（ステップ S 6 1 0）。撮像条件の安定性は、例えば、撮像条件が所定時間内に变化するか否かによって表される。ユーザーは、撮像条件が所定時間内に变化する場合、撮像条件は、安定していないと判定する。一方、撮像条件が所定時間内に変化しない場合、撮像条件は、安定していると判定する。所定時間は、例えば、30 分である。なお、所定時間は、30 分に代えて、他の時間であってもよい。また、撮像条件の安定性は、他の条件によって表される構成であってもよい。

【 0 1 4 1 】

撮像範囲の撮像条件が安定していないと判定した場合（ステップ S 6 1 0 - N o）、ユーザーは、対象マーカーのマーカー検出方法として第 1 検出方法を選択する（ステップ S 6 2 0）。一方、撮像範囲の撮像条件が安定していると判定した場合（ステップ S 6 1 0 - Y e s）、ユーザーは、対象マーカーを第 2 検出方法で検出可能であるか否かを判定する（ステップ S 6 3 0）。ユーザーは、対象マーカーを示すマーカー ID に基づいて、対応情報から対象マーカーに対応付けられたマーカー検出方法が、第 2 検出方法である場合、対象マーカーを第 2 検出方法で検出可能であると判定する。一方、ユーザーは、対象マーカーを示すマーカー ID に基づいて、対応情報から対象マーカーに対応付けられたマーカー検出方法が、第 2 検出方法ではない場合、対象マーカーを第 2 検出方法で検出可能ではないと判定する。

【 0 1 4 2 】

対象マーカーを第 2 検出方法で検出可能であると判定した場合（ステップ S 6 3 0 - Y e s）、ユーザーは、対象マーカーのマーカー検出方法として第 2 検出方法を選択する。一方、対象マーカーを第 2 検出方法で検出可能ではないと判定した場合（ステップ S 6 3 0 - N o）、ユーザーは、対象マーカーのマーカー検出方法として第 3 検出方法を選択する。

このように、ユーザーは、複数のマーカーのそれぞれ毎に、マーカー検出方法を決定する。これにより、ユーザーは、複数のマーカーのそれぞれ毎に、当該マーカーに対して、当該マーカーを検出するために適したマーカー検出方法に対応付けることができる。この結果、ロボット制御装置 30 は、より確実に、マーカーの検出精度の向上と、マーカーの検出時間の短縮とを両立することができる。

【 0 1 4 3 】

なお、図 2 1 に示したフローチャートにおける処理は、ユーザーに代えて、ロボット制御装置 30 が備える機能部が行う構成であってもよい。この場合、ステップ S 6 1 0 における処理は、例えば、撮像範囲内の明るさを検出するセンサー等の撮像範囲内の撮像条件を表す物理量を検出するセンサーからの出力値に基づいて、撮像条件が安定しているか否かを判定する。

【 0 1 4 4 】

< 実施形態の変形例 >

以下、本発明の実施形態の変形例について、図面を参照して説明する。実施形態の変形例では、ロボット制御装置 30 は、対応情報を生成する際、1 つのサンプル画像に基づいて対応情報を生成する構成に代えて、2 以上のサンプル画像に基づいて対応情報を生成する。

【 0 1 4 5 】

< 実施形態の変形例における対応情報を生成する処理の流れについて >

以下、図 2 2 を参照し、実施形態の変形例においてロボット制御装置 30 が対応情報を生成する処理について説明する。図 2 2 は、実施形態の変形例においてロボット制御装置 30 が対応情報を生成する処理の流れの一例を示すフローチャートである。なお、図 2 2 に示したフローチャートにおける処理のうち、ステップ S 4 0 0 ~ ステップ S 4 2 5 の処理と、ステップ S 4 3 0 ~ ステップ S 4 5 0 の処理と、ステップ S 4 7 0 ~ ステップ S 4

10

20

30

40

50

80の処理と、ステップS495の処理については、図19に示したステップS400～ステップS425の処理と、ステップS430～ステップS450の処理と、ステップS470～ステップS480の処理と、ステップS495の処理と同様であるため、説明を省略する。また、以下では、サンプル画像読出部53がステップS425において、それぞれ異なる3つのサンプル画像であるサンプル画像GS1～サンプル画像GS3のそれぞれを読み出す場合について説明する。なお、サンプル画像読出部53がステップS425において記憶部32から読み出すサンプル画像の数は、2以上であれば他の数であってもよい。

【0146】

ステップS425においてサンプル画像読出部53が2以上のサンプル画像（この一例において、サンプル画像GS1～サンプル画像GS3）を記憶部32から読み出した後、対応情報生成部54は、当該サンプル画像を1つずつ選択し、選択したサンプル画像毎にステップS710からステップS730までの処理（ステップS430からステップS480までの処理を含む）を繰り返し行う（ステップS700）。

【0147】

ステップS700においてサンプル画像を選択した後、対応情報生成部54は、サンプル画像毎に生成する条件別対応情報を格納するテーブルを記憶部32の記憶領域内に生成する。そして、対応情報生成部54は、記憶部32の記憶領域内に生成した当該テーブルを初期化する（ステップS710）。例えば、対応情報生成部54は、当該テーブルの初期化として、当該テーブルにおいて情報を格納するフィールドのそれぞれにNull情報を格納する。なお、対応情報生成部54は、これに代えて、他の方法によって当該テーブルを初期化する構成であってもよい。

【0148】

サンプル画像はそれぞれ、前述したように、サンプル画像が撮像された際の撮像条件が異なる。このため、この一例における対応情報生成部54は、対応情報を生成する前に、サンプル画像毎に条件別対応情報を生成し、生成した条件別対応情報に基づいて対応情報を生成する。条件別対応情報は、図23に示したテーブルに格納されているように、マーカーIDと、検出可能範囲を表す検出可能最小閾値及び検出可能最大閾値と、マーカーIDが示すマーカーの第2検出方法による検出（最尤推定による検出）の可否を示す情報と、当該第2検出方法における二値化の閾値とが対応付けられた情報である。図23は、サンプル画像GS1～サンプル画像GS3のそれぞれ毎に生成された条件別対応情報を例示する図である。この一例において、マーカーIDが示すマーカーの第2検出方法による検出が可能であることを示す情報は、「1」であり、当該検出が不可能であることを示す情報は、「0」である。また、この一例において、当該二値化の閾値には、当該検出が不可能である場合、Null情報が格納される。

【0149】

ステップS450において第2検出処理による対象マーカーの検出を実行した後、対応情報生成部54は、ステップS450において対象マーカーの検出に成功したか否かを判定する（ステップS715）。対象マーカーの検出に成功したと判定した場合（ステップS715 - Yes）、対応情報生成部54は、ステップS470に遷移し、ステップS440においてサンプル画像に設定した探索範囲毎にステップS480の処理を繰り返し実行する。一方、対象マーカーの検出に成功していないと判定した場合（ステップS715 - No）、対応情報生成部54は、ステップS440に遷移し、次の探索範囲を選択する。この一例において、探索範囲は1つのみであるため、対応情報生成部54は、対象マーカーの検出に成功していないと判定した場合、ステップS470に遷移し、ステップS440においてサンプル画像に設定した探索範囲毎にステップS480の処理を繰り返し実行する。

【0150】

ステップS470～ステップS480の処理においてすべての探索範囲に対してステップS480の処理を実行した後、対応情報生成部54は、ステップS480において導出

10

20

30

40

50

した検出可能最小閾値及び検出可能最大閾値と、対象マーカ－を示すマーカ－IDと、ステップS715における判定の結果である第2検出方法による対象マーカ－の検出の可否を示す情報と、ステップS450において決定した二値化の閾値とを対応付けた条件別対応情報を生成する(ステップS720)。

【0151】

次に、対応情報生成部54は、ステップS720において生成した対応情報を、ステップS710において初期化したテーブルに格納する(ステップS730)。そして、対応情報生成部54は、ステップS430に遷移し、次のマーカ－IDを選択する。また、ステップS430において未選択のマーカ－IDが存在しない場合、対応情報生成部54は、ステップS700に遷移し、次のサンプル画像を選択する。また、ステップS700において未選択のサンプル画像が存在しない場合、対応情報生成部54は、ステップS740に遷移し、ステップS720において生成した条件別対応情報に基づいて、対応情報を生成する(ステップS740)。

【0152】

ここで、図24を参照し、ステップS740の処理について説明する。図24は、条件別対応情報に基づいて対応情報を生成する処理を説明するための図である。図24に示したグラフは、横軸がサンプル画像のそれぞれを識別するサンプル画像IDを示し、縦軸が二値化の閾値である輝度値を示している。この一例において、サンプル画像GS1のサンプル画像IDが「1」であり、サンプル画像GS2のサンプル画像IDが「2」であり、サンプル画像GS3のサンプル画像IDが「3」である。

【0153】

当該グラフには、サンプル画像IDが示すサンプル画像毎に、当該サンプル画像に基づいて生成された条件別対応情報における検出可能最小値及び検出可能最大値と、当該条件別対応情報における二値化の閾値とがプロットされている。当該二値化の閾値は、第2検出方法における二値化の閾値である。図24に示したグラフでは、各サンプル画像に基づいて生成された条件別対応情報における検出可能最小閾値 M_{m1} ～検出可能最小閾値 M_{m3} はそれぞれ、白抜き三角によって示され、当該条件別対応情報における検出可能最大閾値 M_{x1} ～検出可能最大閾値 M_{x3} はそれぞれ、白抜き四角によって示され、当該条件別対応情報における二値化の閾値 $L1$ ～二値化の閾値 $L3$ はそれぞれ、黒い太線の横棒によって示されている。

【0154】

また、検出可能最小閾値 M_{m1} と検出可能最大閾値 M_{x1} との間の範囲が、サンプル画像GS1に基づいて導出された検出可能範囲 $W1$ である。また、検出可能最小閾値 M_{m2} と検出可能最大閾値 M_{x2} との間の範囲が、サンプル画像GS2に基づいて導出された検出可能範囲 $W2$ である。また、検出可能最小閾値 M_{m3} と検出可能最大閾値 M_{x3} との間の範囲が、サンプル画像GS3に基づいて導出された検出可能範囲 $W3$ である。

【0155】

ここで、対応情報生成部54は、各サンプル画像に基づいて生成された条件別対応情報のそれぞれにおける検出可能最小閾値のうちの最も大きな検出可能最小閾値である最大検出可能最小閾値を特定する。図24に示した例では、最大検出可能最小閾値は、検出可能最小閾値 M_{m2} である。また、対応情報生成部54は、各サンプル画像に基づいて生成された条件別対応情報のそれぞれにおける検出可能最大閾値のうちの最も小さな検出可能最大閾値である最小検出可能最大閾値を特定する。図24に示した例では、最小検出可能最大閾値は、検出可能最大閾値 M_{x3} である。

【0156】

また、対応情報生成部54は、最小検出可能最大閾値と最大検出可能最小閾値との間の範囲を共通検出可能範囲 $W4$ として特定する。図24に示した例では、最小検出可能最大閾値である検出可能最大閾値 M_{x3} と最大検出可能最小閾値である検出可能最小閾値 M_{m2} との間の範囲を、共通検出可能範囲 $W4$ として示している。対応情報生成部54は、共通検出可能範囲が1以上の値である場合、最小検出可能最大閾値と最大検出可能最小閾値

との平均値を第3検出方法における二値化の閾値（予め定められた値）として算出する。

【0157】

そして、対応情報生成部54は、算出した当該二値化の閾値を、対象マーカ－を示すマーカ－IDに対して第3検出方法を示す情報として対応付ける。また、対応情報生成部54は、共通検出可能範囲における最小検出可能最大閾値及び最大検出可能最小閾値を、対象マーカ－の検出可能範囲を表す検出可能最小閾値及び検出可能最大閾値として対象マーカ－を示すマーカ－IDに対応付けて対応情報を生成する。

【0158】

また、対応情報生成部54は、共通検出可能範囲が0以下の値である場合、すなわち共通検出可能範囲が存在しない場合、サンプル画像毎に、当該サンプル画像に基づいて導出された検出可能範囲内に当該サンプル画像に基づいて第2検出方法によって算出された二値化の閾値が含まれているか否かを判定する。そして、対応情報生成部54は、当該サンプル画像に基づいて算出された二値化の閾値のそれぞれがすべて、当該サンプル画像に基づいて導出された検出可能範囲内に含まれていると判定した場合、対象マーカ－を示すマーカ－IDに対して第2検出方法を示す情報を対応付ける。また、対応情報生成部54は、Null情報を、対象マーカ－の検出可能範囲を表す検出可能最小閾値及び検出可能最大閾値として対象マーカ－を示すマーカ－IDに対応付けて対応情報を生成する。

【0159】

一方、当該サンプル画像に基づいて算出された二値化の閾値のそれぞれのうちの少なくとも1つが、当該サンプル画像に基づいて導出された検出可能範囲内に含まれていないと判定した場合、対応情報生成部54は、対象マーカ－を示すマーカ－IDに対して第1検出方法を示す情報を対応付ける。また、対応情報生成部54は、Null情報を、対象マーカ－の検出可能範囲を表す検出可能最小閾値及び検出可能最大閾値として対象マーカ－を示すマーカ－IDに対応付けて対応情報を生成する。

【0160】

なお、図24に示した例では、二値化の閾値L2が検出可能範囲W2内に含まれておらず、更に二値化の閾値L3が検出可能範囲W3内に含まれていないため、対応情報生成部54は、当該サンプル画像に基づいて算出された二値化の閾値のそれぞれのうちの少なくとも1つが、当該サンプル画像に基づいて導出された検出可能範囲内に含まれていないと判定する。

【0161】

このように、ロボット制御装置30は、撮像条件が互いに異なる2以上のサンプル画像と、マーカ－情報とに基づいて対応情報を生成する。これにより、ロボット制御装置30は、実施形態と同様の効果を得ることができる。その結果、ロボット制御装置30は、マーカ－の検出精度の向上と、マーカ－の検出時間の短縮とを両立することができる。

【0162】

＜実施形態の変形における対応情報を編集する処理の流れについて＞

以下、図25を参照し、ユーザーによって行われる対応情報の編集のうち、ユーザーがマーカ－IDに対応付けられたマーカ－検出方法を変更する場合における、マーカ－検出方法のユーザーによる決定方法について説明する。図25は、実施形態の変形例におけるマーカ－検出方法のユーザーによる決定方法の流れの一例を示すフローチャートである。なお、図25に示したフローチャートにおける処理は、ユーザーに代えて、ロボット制御装置30が備える機能部が行う構成であってもよい。

【0163】

ユーザーは、マーカ－情報に含まれるマーカ－IDを1つずつ選択し、選択したマーカ－IDが示すマーカ－を対象マーカ－として、対象マーカ－毎にステップS810からステップS850の処理を行う（ステップS800）。次に、ユーザーは、条件別対応情報に基づいて、共通検出可能範囲が1以上の値であるか否かを判定する（ステップS810）。共通検出可能範囲が1以上の値であると判定した場合（ステップS810 - Yes）、ユーザーは、対象マーカ－のマーカ－検出方法として第3検出方法を選択する（ステッ

ブ S 8 2 0)。これは、ロボット制御装置 3 0 に、対象マーカの検出時間が最も短い方法を優先的に選択させたいためである。

【 0 1 6 4 】

一方、共通検出可能範囲が 1 以上の値ではないと判定した場合 (ステップ S 8 1 0 - N o)、ユーザーは、条件別対応情報に基づいて、対象マーカを第 2 検出方法で検出可能であるか否かを判定する (ステップ S 8 3 0)。より具体的には、ユーザーは、条件別対応情報に基づいて、サンプル画像毎に、当該サンプル画像に基づいて導出された検出可能範囲内に当該サンプル画像に基づいて第 2 検出方法によって算出された二値化の閾値のそれぞれがすべて含まれている場合、対象マーカを第 2 検出方法で検出可能であると判定する。

10

【 0 1 6 5 】

対象マーカを第 2 検出方法で検出可能であると判定した場合 (ステップ S 8 3 0 - Y e s)、ユーザーは、対象マーカのマーカ検出方法として第 2 検出方法を選択する (ステップ S 8 4 0)。これは、第 1 検出方法よりも第 2 検出方法の方が検出時間が短いためである。一方、対象マーカを第 2 検出方法で検出可能ではないと判定した場合 (ステップ S 8 3 0 - N o)、ユーザーは、対象マーカのマーカ検出方法として第 1 検出方法を選択する (ステップ S 8 5 0)。

【 0 1 6 6 】

このように、ユーザーは、複数のマーカのそれぞれ毎に、マーカ検出方法を決定する。これにより、ユーザーは、複数のマーカのそれぞれ毎に、当該マーカに対して、当該マーカを検出するために適したマーカ検出方法に対応付けることができる。この結果、ロボット制御装置 3 0 は、より確実に、マーカの検出精度の向上と、マーカの検出時間の短縮とを両立することができる。

20

【 0 1 6 7 】

なお、上記において説明した複数のマーカのうち、それぞれ異なるマーカ検出方法に対応付けられた 2 つのマーカ (例えば、第 1 検出方法に対応付けられたマーカと、第 2 検出方法に対応付けられたマーカとの 2 つのマーカ) は、第 1 マーカと第 2 マーカの一例である。

【 0 1 6 8 】

以上説明したように、実施形態におけるロボット 2 0 のロボット制御装置 3 0 (又はロボット制御装置 3 0 と別体の画像処理装置) は、マーカ (この一例において、マーカ M k 1 ~ マーカ M k N) を、複数のマーカ検出方法により検出可能であり、複数のマーカ検出方法のうちの一つのマーカ検出方法によって、マーカを検出する。これにより、ロボット制御装置 3 0 は、マーカの検出精度の向上と、マーカの検出時間の短縮とを両立することができる。

30

【 0 1 6 9 】

また、ロボット制御装置 3 0 は、複数のマーカのうちの第 1 検出方法に対応付けられたマーカを検出する際、画像 (この一例において、撮像画像) からマーカを検出するための閾値を所定範囲で変化させてマーカを検出する。これにより、ロボット制御装置 3 0 は、複数のマーカのうちの第 1 検出方法に対応付けられたマーカを検出する際、マーカの検出精度を向上させることができる。

40

【 0 1 7 0 】

また、ロボット制御装置 3 0 は、複数のマーカのうちの第 2 検出方法に対応付けられたマーカを検出する際、画像からマーカを検出するための閾値として、最尤推定により求められた値 (この一例において、大津の方法により求められた値) を用いてマーカを検出する。これにより、ロボット制御装置 3 0 は、複数のマーカのうちの第 2 検出方法に対応付けられたマーカを検出する際、マーカの検出時間を短縮させることができる。

【 0 1 7 1 】

また、ロボット制御装置 3 0 は、複数のマーカのうちの第 3 検出方法に対応付けられ

50

たマーカ－を検出する際、画像からマーカ－を検出するための閾値として、予め定められた値を用いてマーカ－を検出する。これにより、ロボット制御装置 30 は、複数のマーカ－のうちの第 3 検出方法に対応付けられたマーカ－を検出する際、マーカ－の検出時間を短縮させることができる。

【0172】

また、ロボット制御装置 30 は、画像からマーカ－を検出するための閾値であって当該画像を二値化する閾値（この一例において、二値化の閾値）を用いたマーカ－の検出方法によってマーカ－を検出する。これにより、ロボット制御装置 30 は、画像を二値化する閾値を用いたマーカ－の検出方法によって、マーカ－の検出精度の向上と、マーカ－の検出時間の短縮とを両立することができる。

10

【0173】

また、ロボット制御装置 30 は、画像からマーカ－を検出するための閾値であって当該画像の色を判定する閾値を用いたマーカ－の検出方法によってマーカ－を検出する。これにより、ロボット制御装置 30 は、画像の色を判定する閾値を用いたマーカ－の検出方法によって、マーカ－の検出精度の向上と、マーカ－の検出時間の短縮とを両立することができる。

【0174】

また、ロボット制御装置 30 は、マーカ－と、マーカ－の検出方法とを対応づけたテーブル（この一例において、対応情報を格納したテーブル）に基づいて、マーカ－を検出する。これにより、ロボット制御装置 30 は、マーカ－と、マーカ－の検出方法とを対応づけたテーブルに基づいて、マーカ－の検出精度の向上と、マーカ－の検出時間の短縮とを両立することができる。

20

【0175】

また、ロボット制御装置 30 は、画像に含まれる第 1 マーカ－（この一例において、撮像画像に含まれるマーカ－M k 1～マーカ－M k N）と、当該画像とは撮像条件が異なる画像に含まれる第 1 マーカ－（この一例において、サンプル画像に含まれるマーカ－M k 1～マーカ－M k N）とに基づいて、第 1 マーカ－の検出方法を決定する。これにより、ロボット制御装置 30 は、画像に含まれる第 1 マーカ－と、当該画像とは撮像条件が異なる画像に含まれる第 1 マーカ－とに基づいて決定した第 1 マーカ－の検出方法によって、マーカ－の検出精度の向上と、マーカ－の検出時間の短縮とを両立することができる。

30

【0176】

また、ロボット制御装置 30 は、画像に含まれる第 1 マーカ－を検出するための閾値と、当該画像とは撮像条件が異なる画像に含まれる第 1 マーカ－を検出するための閾値とを表示部に表示させ、第 1 マーカ－の検出方法を編集可能である。これにより、ロボット制御装置 30 は、編集した第 1 マーカ－の検出方法によって、マーカ－の検出精度の向上と、マーカ－の検出時間の短縮とを両立することができる。

【0177】

なお、制御部 36 のうちの画像処理部 44 は、画像処理装置としてロボット制御装置 30 と別体であってもよい。この場合、ロボット 20 と、ロボット制御装置 30 と、当該画像処理装置とは、ロボットシステムを構成する。また、この場合、画像処理装置は、検出したマーカ－に基づく情報をロボット制御装置 30 とは異なる他の装置へと出力し、例えば、AR（Augmented Reality）等のように、当該他の装置へ当該情報を表示させる構成であってもよい。検出したマーカ－に基づく情報は、例えば、当該マーカ－に対応付けられた情報である。

40

【0178】

また、第 1 撮像部 21 と、第 2 撮像部 22 と、第 3 撮像部 23 と、第 4 撮像部 24 とのうちの一部又は全部は、ロボット 20 と別体の撮像部であってもよい。この場合、ロボット 20 と、ロボット 20 と別体の撮像部と、ロボット制御装置 30 と、画像処理装置とは、ロボットシステムを構成する。

【0179】

50

以上、この発明の実施形態を、図面を参照して詳述してきたが、具体的な構成はこの実施形態に限られるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない限り、変更、置換、削除等されてもよい。

【0180】

また、以上に説明した装置（例えば、ロボット20のロボット制御装置30、又はロボット制御装置30と別体の画像処理装置）における任意の構成部の機能を実現するためのプログラムを、コンピューター読み取り可能な記録媒体に記録し、そのプログラムをコンピューターシステムに読み込ませて実行するようにしてもよい。なお、ここでいう「コンピューターシステム」とは、OS（Operating System）や周辺機器等のハードウェアを含むものとする。また、「コンピューター読み取り可能な記録媒体」とは、フレキシブルディスク、光磁気ディスク、ROM、CD（Compact Disk）-ROM等の可搬媒体、コンピューターシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置のことをいう。さらに「コンピューター読み取り可能な記録媒体」とは、インターネット等のネットワークや電話回線等の通信回線を介してプログラムが送信された場合のサーバーやクライアントとなるコンピューターシステム内部の揮発性メモリー（RAM）のように、一定時間プログラムを保持しているものも含むものとする。

10

【0181】

また、上記のプログラムは、このプログラムを記憶装置等に格納したコンピューターシステムから、伝送媒体を介して、あるいは、伝送媒体中の伝送波により他のコンピューターシステムに伝送されてもよい。ここで、プログラムを伝送する「伝送媒体」は、インターネット等のネットワーク（通信網）や電話回線等の通信回線（通信線）のように情報を伝送する機能を有する媒体のことをいう。

20

また、上記のプログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであってもよい。さらに、上記のプログラムは、前述した機能をコンピューターシステムにすでに記録されているプログラムとの組み合わせで実現できるもの、いわゆる差分ファイル（差分プログラム）であってもよい。

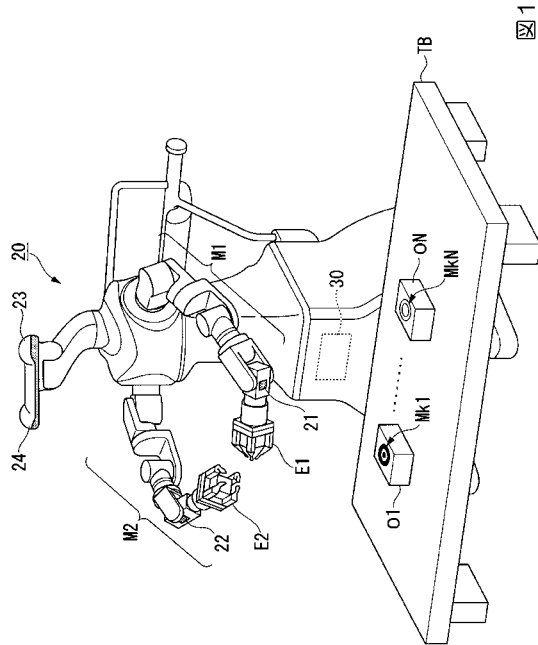
【符号の説明】

【0182】

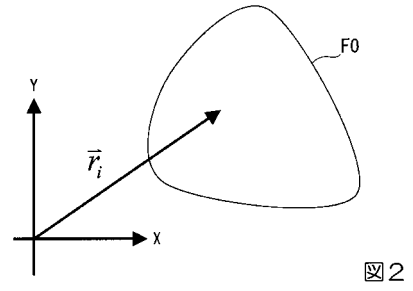
20...ロボット、21...第1撮像部、22...第2撮像部、23...第3撮像部、24...第4撮像部、30...ロボット制御装置、31...CPU、32...記憶部、33...入力受付部、34...通信部、35...表示部、36...制御部、40...撮像制御部、42...画像取得部、44...画像処理部、46...ロボット制御部、49...マーカー情報読出部、50...対応情報読出部、51...検出方法選択部、52...マーカー検出処理部、53...サンプル画像読出部、54...対応情報生成部、55...表示制御部、56...対応情報編集部

30

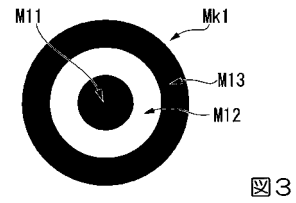
【図 1】



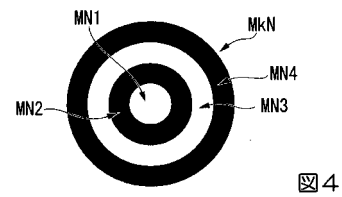
【図 2】



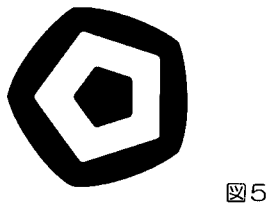
【図 3】



【図 4】



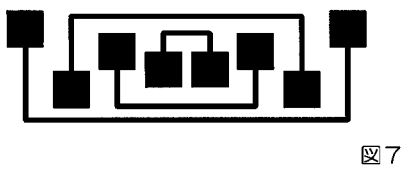
【図 5】



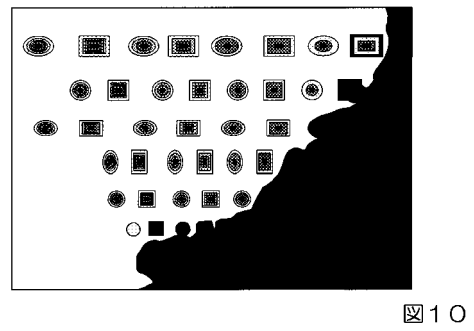
【図 6】



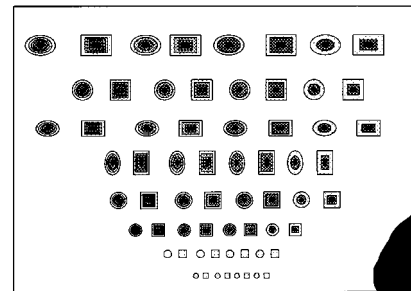
【図 7】



【図 10】



【図 12】



【 図 1 3 】

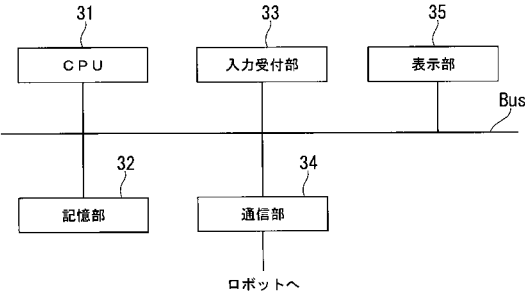


図 1 3

【 図 1 4 】

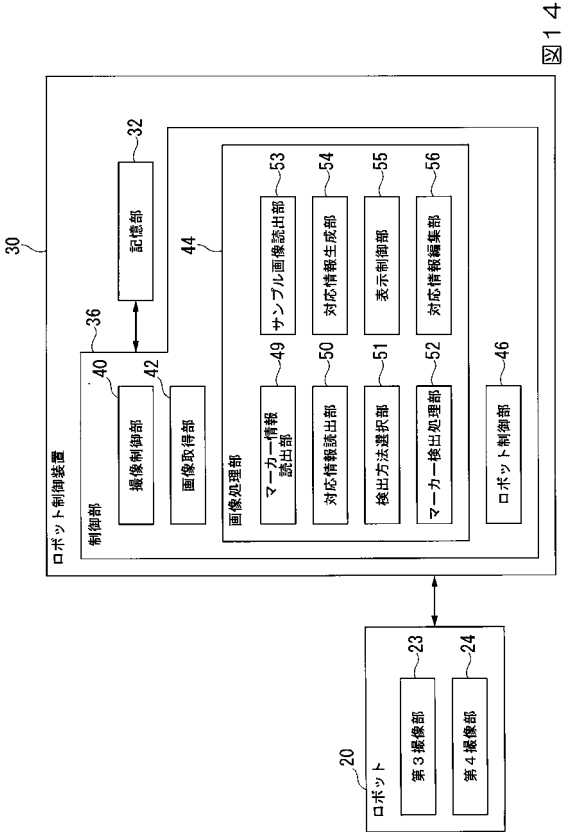


図 1 4

【 図 1 5 】

対応情報			
マーカーID	検出方法	検出可能範囲	
		検出可能最小閾値	検出可能最大閾値
1	-1	Null	Null
2	90	80	100
3	180	160	200
4	-2	Null	Null
...
N	-1	Null	Null

図 1 5

【 図 1 7 】

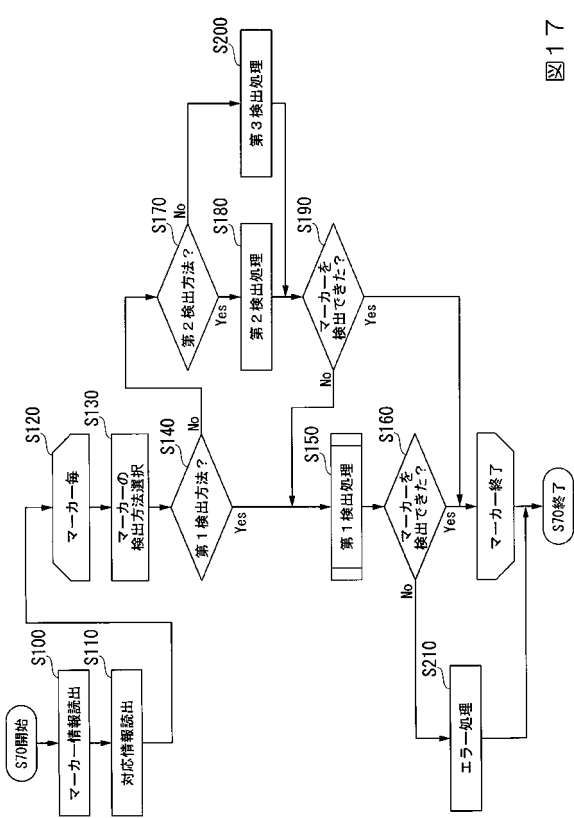


図 1 7

【 図 1 6 】

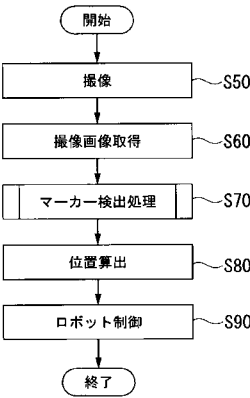


図 1 6

【図18】

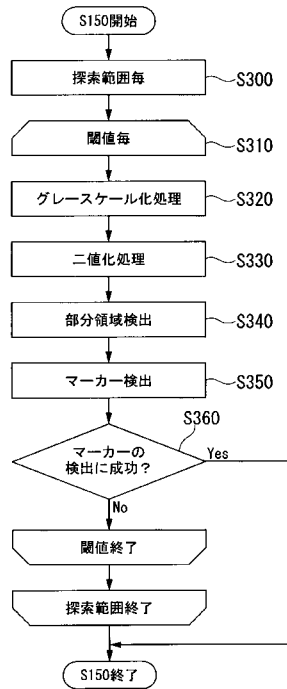


図18

【図19】

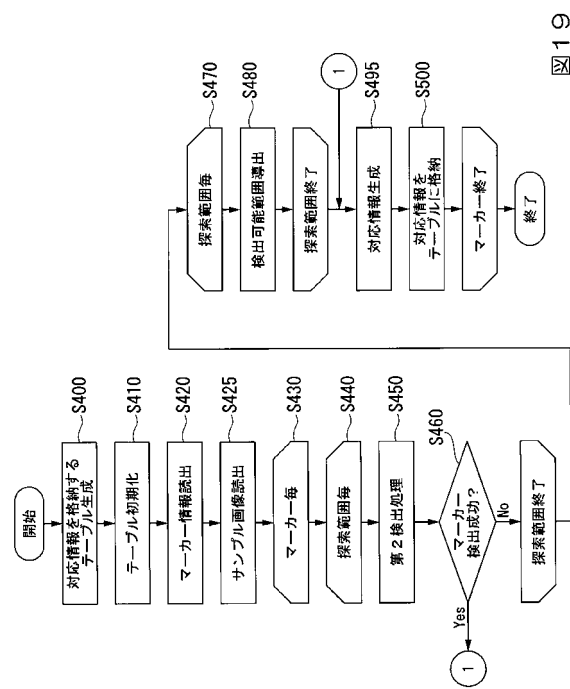


図19

【図20】

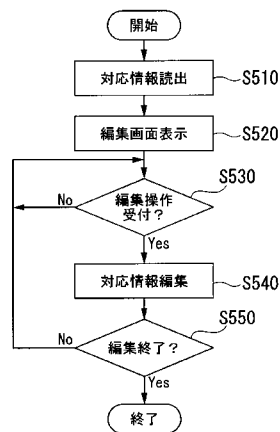


図20

【図21】

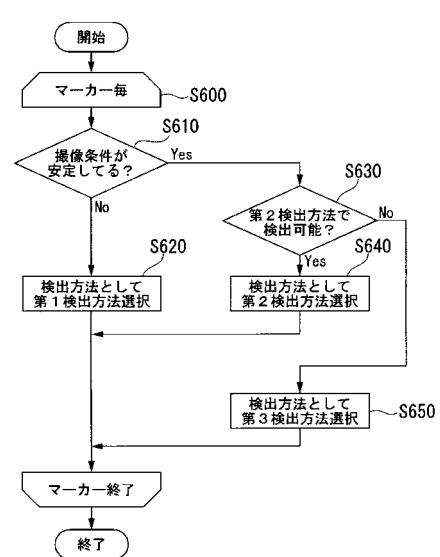


図21

【図 2 2】

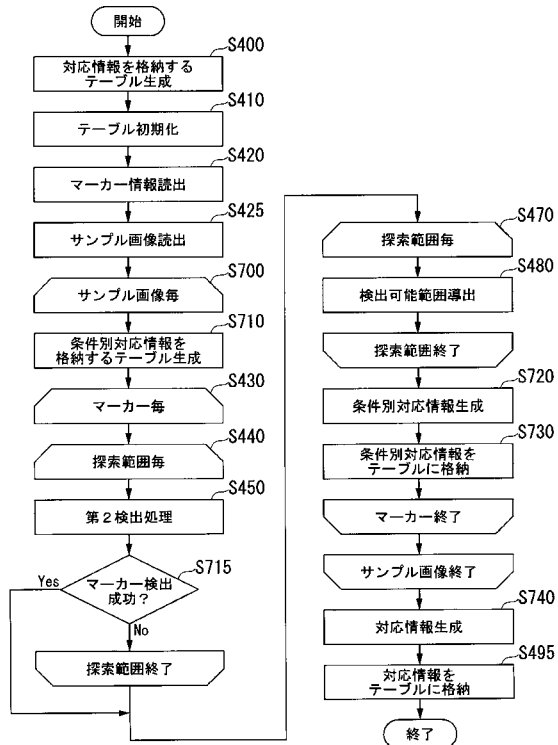


図 22

【図 2 3】

サンプル画像GS1に基づく条件別対応情報

マーカーID	検出可能範囲		第2検出方法に よる検出の可否	第2検出方法 における 二値化の閾値
	検出可能 最小閾値	検出可能 最大閾値		
1	70	120	1	90
2	80	140	0	Null
3	90	150	1	200
...
N	50	160	0	Null

サンプル画像GS2に基づく条件別対応情報

マーカーID	検出可能範囲		第2検出方法に よる検出の可否	第2検出方法 における 二値化の閾値
	検出可能 最小閾値	検出可能 最大閾値		
1	90	130	1	160
2	70	170	0	Null
3	100	130	0	Null
...
N	80	140	1	100

サンプル画像GS3に基づく条件別対応情報

マーカーID	検出可能範囲		第2検出方法に よる検出の可否	第2検出方法 における 二値化の閾値
	検出可能 最小閾値	検出可能 最大閾値		
1	120	150	1	30
2	100	140	1	110
3	110	180	0	Null
...
N	100	200	0	Null

図 23

【図 2 4】

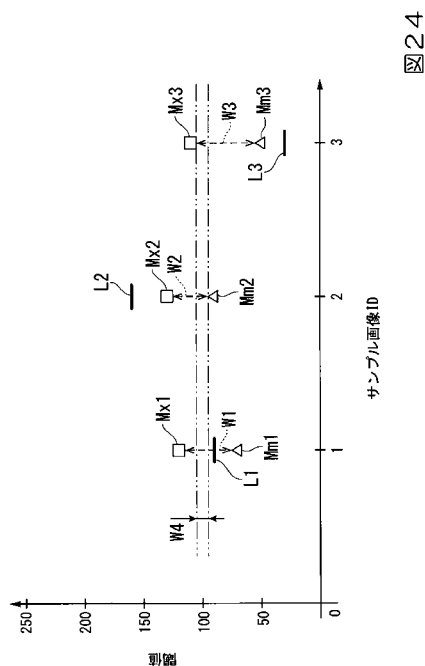


図 24

【図 2 5】

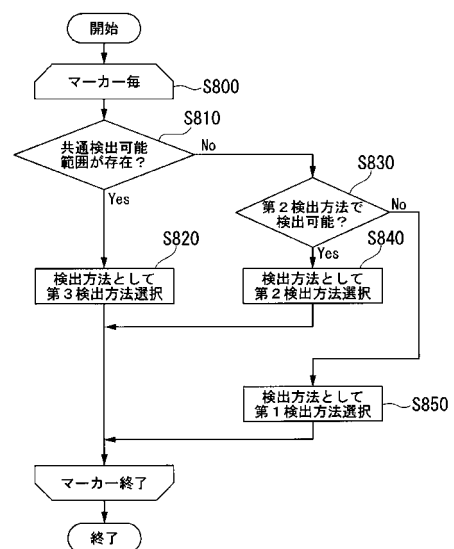


図 25

【 図 8 】

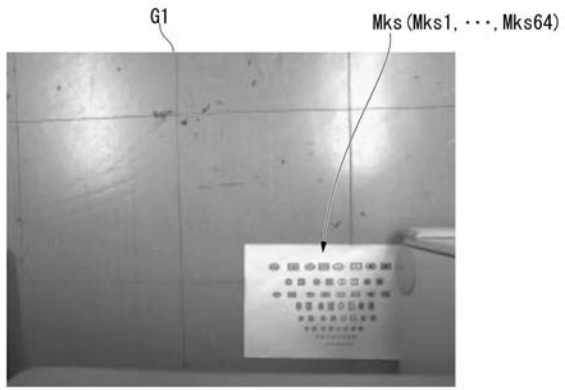


図 8

【 図 9 】

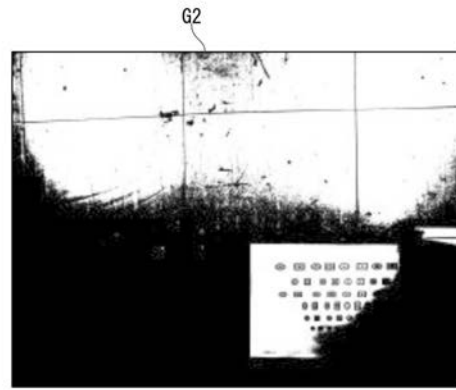


図 9

【 図 1 1 】

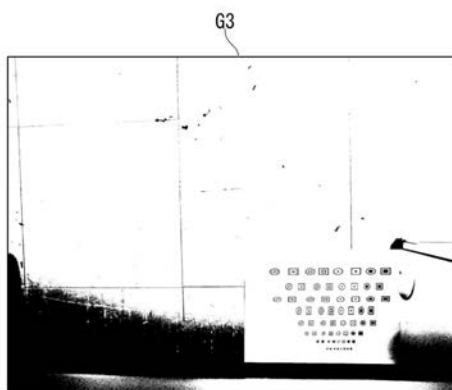


図 1 1