

明 細 書

発明の名称：

分類モデル学習装置、分類モデル学習方法、分類モデル学習プログラム、
分類モデル、分類装置及び選別装置

技術分野

[0001] 本開示の一側面は、分類モデル学習装置、分類モデル学習方法、分類モデル学習プログラム、分類モデル、分類装置及び選別装置に関する。

背景技術

[0002] 食品及び工業製品等の工場において、不良品選別検査、良品の選別及び良品のクラス分け等の対象物を選別することが行われている。このような対象物の選別は、人の手作業により行われてきた。また、選別を自動化するための選別装置の開発及び実用化も行われている。選別装置は主として、対象物の状態を検出するためのセンサと、対象物を選別及び除去するためのアクチュエータとから構成される。例えば、特許文献1には、穀粒を選別する選別装置が記載されている。この選別装置では、良品及び不良品の穀粒の画像をテンプレート化し、テンプレートマッチングにより選別が行われる。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2002-312762号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 自動で対象物を選別する選別装置においては、選別すべき対象物の特徴を定量的に規定する必要がある。しかしながら、不良品または良品の対象物の特徴は対象物により異なるので、選別装置は対象物に応じて個別に開発される。従って、選別装置の開発コストは非常に嵩んでいた。選別装置の開発のコストが後の運用により回収される見込みがない場合には装置の開発が行わ

れないこととなり、当該対象物の選別が手作業の工程として残り、工場等における省人化の妨げとなっていた。

[0005] そこで、本発明は、上記問題点に鑑みてなされたものであり、様々な対象物の特徴の学習を容易にすることにより、対象物を選別する選別装置を簡易に構成可能とすることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示の一側面に係る分類モデル学習装置は、対象物から所定のセンサにより取得されたセンサデータを分類する分類モデルを生成する分類モデル学習装置であって、分類モデルは、センサデータの類似性に基づいて所定のクラスタリング手法によりセンサデータを複数のグループに分類するクラスタリングモデルと、クラスタリングモデルにより分類された複数のグループのうちの抽出対象グループに含まれるセンサデータを分類する分類部と、を含み、分類モデル学習装置は、対象物の状態を取得するセンサにより、複数の対象物からなる第1の対象物群に含まれる対象物から取得された複数のセンサデータを第1センサデータとして取得し、センサにより、第1の対象物群から1以上の対象物が除かれた対象物群である第2の対象物群に含まれる対象物から取得された複数のセンサデータを第2センサデータとして取得する、センサデータ取得部と、複数の第1センサデータ及び複数の第2センサデータからなるセンサデータ群を、クラスタリングモデルにより複数のグループに分類することにより、クラスタリングモデルのパラメータを更新するクラスタリングモデル生成部と、クラスタリングモデルにより分類された複数のグループから、グループに含まれる第2センサデータの数が第1センサデータの数より所定の程度以上少ないグループを抽出対象グループとして指定する指定部と、センサデータ取得部による第1センサデータ及び第2センサデータの取得、クラスタリングモデル生成部によるクラスタリングモデルのパラメータの更新、及び、指定部による抽出対象グループの指定の処理を含む学習処理を繰り返すことにより、分類モデルの学習を行う学習部と、を備える。

[0007] 本開示の一側面に係る分類モデル学習方法は、対象物から所定のセンサにより取得されたセンサデータを分類する分類モデルを生成する分類モデル学習方法であって、分類モデルは、センサデータの類似性に基づいて所定のクラスタリング手法によりセンサデータを複数のグループに分類するクラスタリングモデルと、クラスタリングモデルにより分類された複数のグループのうちの抽出対象グループに含まれるセンサデータを分類する分類部と、を含み、分類モデル学習方法は、対象物の状態を取得するセンサにより、複数の対象物からなる第1の対象物群に含まれる対象物から取得された複数のセンサデータを第1センサデータとして取得し、センサにより、第1の対象物群から1以上の対象物が除かれた対象物群である第2の対象物群に含まれる対象物から取得された複数のセンサデータを第2センサデータとして取得する、センサデータ取得ステップと、複数の第1センサデータ及び複数の第2センサデータからなるセンサデータ群を、クラスタリングモデルにより複数のグループに分類することにより、クラスタリングモデルのパラメータを更新するクラスタリングモデル生成ステップと、クラスタリングモデルにより分類された複数のグループから、グループに含まれる第2センサデータの数が第1センサデータの数より所定の程度以上少ないグループを抽出対象グループとして指定する指定ステップと、センサデータ取得ステップにおける第1センサデータ及び第2センサデータの取得、クラスタリングモデル生成ステップにおけるクラスタリングモデルのパラメータの更新、及び、指定ステップにおける抽出対象グループの指定の処理を含む学習処理を繰り返すことにより、分類モデルの学習を行う学習ステップと、を有する。

[0008] 本開示の一側面に係る分類モデル学習プログラムは、コンピュータを、対象物から所定のセンサにより取得されたセンサデータを分類する分類モデルを生成する分類モデル学習装置として機能させるための分類モデル学習プログラムであって、分類モデルは、センサデータの類似性に基づいて所定のクラスタリング手法によりセンサデータを複数のグループに分類するクラスタリングモデルと、クラスタリングモデルにより分類された複数のグループの

うちの抽出対象グループに含まれるセンサデータを分類する分類部と、を含み、分類モデル学習プログラムは、コンピュータに、対象物の状態を取得するセンサにより、複数の対象物からなる第1の対象物群に含まれる対象物から取得された複数のセンサデータを第1センサデータとして取得し、センサにより、第1の対象物群から1以上の対象物が除かれた対象物群である第2の対象物群に含まれる対象物から取得された複数のセンサデータを第2センサデータとして取得する、センサデータ取得機能と、複数の第1センサデータ及び複数の第2センサデータからなるセンサデータ群を、クラスタリングモデルにより複数のグループに分類することにより、クラスタリングモデルのパラメータを更新するクラスタリングモデル生成機能と、クラスタリングモデルにより分類された複数のグループから、グループに含まれる第2センサデータの数が第1センサデータの数より所定の程度以上少ないグループを抽出対象グループとして指定する指定機能と、センサデータ取得機能による第1センサデータ及び第2センサデータの取得、クラスタリングモデル生成機能によるクラスタリングモデルのパラメータの更新、及び、指定機能による抽出対象グループの指定の処理を含む学習処理を繰り返すことにより、分類モデルの学習を行う学習機能と、を実現させる。

[0009] このような側面によれば、複数の第1センサデータと複数の第2センサデータとからなるセンサデータ群がクラスタリングモデルによりクラスタリングされることによりクラスタリングモデルのパラメータが更新され、クラスタリング及びパラメータの更新を繰り返す学習により、対象物の分類に好適なクラスタリングモデルが構成される。また、抽出対象グループは、グループに含まれる第2センサデータの数が第1センサデータの数より所定の程度以上少ない有意差のあるグループであるので、抽出対象グループに分類されたセンサデータは、第1の対象物群から除かれた対象物の特徴を含むセンサデータである。分類モデルは、抽出対象グループに含まれるセンサデータを分類するので、分類モデルは、学習処理により、第1の対象物群から除かれた対象物の特徴を有するセンサデータを分類するように構成される。従って

、分類モデルの学習段階において、ある手段により第1の対象物群から対象物を除去することにより第2の対象物群を構成することにより、当該手段により除去していた対象物を分類することが可能な分類モデルを容易に得ることが可能となる。例えば、第1の対象物群から人手により対象物を除去することにより第2の対象物群を構成することにより、人手により除去していた対象物を分類することが可能な分類モデルが得られる。従って、対象物の人手等の手段による選別といった従来からの作業を継続しながら、自動で対象物を選別するための分類モデルの学習を進めることができる。

[0010] 他の側面に係る分類モデル学習装置では、センサデータ取得部は、予め準備された複数のセンサデータからなる基準センサデータセットを取得し、学習部は、第 n 回（ n は1以上の整数）の学習処理が実施された後の分類モデルに基準センサデータセットを入力して得られたセンサデータの分類結果と、第 $n+1$ 回の学習処理が実施された後の分類モデルに基準センサデータセットを入力して得られたセンサデータの分類結果との差異が所定の程度未満となった場合に、学習処理を終了することとしてもよい。

[0011] このような側面によれば、学習処理の繰り返しにおいて、クラスタリングモデルのパラメータの更新の程度が所定の程度未満となったときに学習処理が終了されるので、当該対象物の分類に好適なクラスタリングモデルを構築できる。

[0012] 他の側面に係る分類モデル学習装置では、クラスタリングモデル生成部は、センサによる所定の1単位のセンシングに基づいて取得された複数の第1センサデータ及び複数の第2センサデータからなるセンサデータ群を1単位のセンサデータ群として、1単位のセンサデータ群ごとに、クラスタリングモデルによるセンサデータの分類及びパラメータの更新を実施し、指定部は、1単位のセンサデータ群の分類が実施されるごとに、抽出対象グループの指定を実施することとしてもよい。

[0013] このような側面によれば、対象物のセンサデータが取得されるごとに、クラスタリングモデルのパラメータが更新されるので、より高精度なクラスタ

リングモデルの学習が可能となる。

- [0014] 他の側面に係る分類モデル学習装置では、クラスタリングモデル生成部は、センサによる所定の1単位のセンシングに基づいて取得された複数の第1センサデータ及び複数の第2センサデータからなるセンサデータ群を1単位のセンサデータ群として、少なくとも2単位以上のセンサデータ群に対してクラスタリングモデルによるセンサデータの分類及びパラメータの更新を実施し、指定部は、2単位以上のセンサデータ群の分類が実施されるごとに、抽出対象グループの指定を実施することとしてもよい。
- [0015] このような側面によれば、一定程度以上の量のセンサデータが取得されるごとに、クラスタリングモデルのパラメータが更新されるので、学習に係る処理負荷が軽減される。
- [0016] 他の側面に係る分類モデル学習装置では、センサは、光学的センサであり、センサデータは、対象物を表す画像であることとしてもよい。
- [0017] このような側面によれば、対象物を撮像した画像による対象物の分類が可能な分類モデルを構築できる。
- [0018] 他の側面に係る分類モデル学習装置では、所定のクラスタリング手法は、 k - $m e a n s$ 法及び x - $m e a n s$ 法のいずれかであることとしてもよい。
- [0019] このような側面によれば、分類モデルに含まれるクラスタリングモデルを容易に構成できる。
- [0020] 他の側面に係る分類モデル学習装置では、第2の対象物群は、第1の対象物群から1以上の対象物が人手により除かれた対象物群であることとしてもよい。
- [0021] このような側面によれば、人手により除去していた対象物を分類することが可能な分類モデルを容易に得ることが可能となる。
- [0022] 本開示の一側面に係る分類モデル学習装置は、対象物から所定のセンサにより取得されたセンサデータを分類する分類モデルを生成する分類モデル学習装置であって、分類モデルは、センサデータの類似性に基づいて所定のク

ラスタリング手法によりセンサデータを複数のグループに分類するクラスタリングモデルと、クラスタリングモデルによりクラスタリングされた複数のグループのうちの第 i ($i = 1, 2, \dots, m$, m は2以上の整数)の抽出対象グループのそれぞれに含まれるセンサデータを、第 i のグループのそれぞれに分類する分類部と、を含み、分類モデル学習装置は、対象物の状態を取得するセンサにより、複数の対象物からなる第1の対象物群に含まれる対象物から取得された複数のセンサデータを第1センサデータとして取得し、センサにより、第 i の対象物群から1以上の対象物が除かれた対象物群である第 $(i + 1)$ の対象物群に含まれる対象物から取得された複数のセンサデータを第 $(i + 1)$ センサデータとして取得する、センサデータ取得部と、複数の第1センサデータ、複数の第2センサデータ、 $\dots$ 及び複数の第 $(m + 1)$ センサデータからなるセンサデータ群を、クラスタリングモデルにより複数のグループに分類することにより、クラスタリングモデルのパラメータを更新するクラスタリングモデル生成部と、クラスタリングモデルにより分類された複数のグループから、グループに含まれる第 $(i + 1)$ センサデータの数第 i センサデータの数より所定の程度以上少ないグループを第 i の抽出対象グループとして指定する指定部と、センサデータ取得部によるセンサデータの取得、クラスタリングモデル生成部によるクラスタリングモデルのパラメータの更新、及び、指定部による抽出対象グループの指定の処理を含む学習処理を繰り返すことにより、分類モデルの学習を行う学習部と、を備える。

[0023] このような側面によれば、複数の第1センサデータ、複数の第2センサデータ、 $\dots$ 及び複数の第 $(m + 1)$ センサデータからなるセンサデータ群がクラスタリングモデルによりクラスタリングされることによりクラスタリングモデルのパラメータが更新され、クラスタリング及びパラメータの更新を繰り返す学習により、対象物の複数のグループへの分類に好適なクラスタリングモデルが構成される。また、抽出対象グループは、グループに含まれる第 $(i + 1)$ センサデータの数第 i センサデータの数より所定の程度以

上少ない有意差のあるグループであるので、抽出対象グループに分類されたセンサデータは、第 i の対象物群から除かれた対象物の特徴を含むセンサデータである。分類モデルは、抽出対象グループに含まれるセンサデータを分類するので、分類モデルは、学習処理により、第 i の対象物群から除かれた対象物の特徴を有するセンサデータを分類するように構成される。従って、分類モデルの学習段階において、第 i の対象物群から人手により対象物を除去することにより第 $(i + 1)$ の対象物群を構成することにより、第 1 ～ 第 i の各段階において人手により除去していた対象物をそれぞれ分類することが可能な分類モデルを容易に得ることが可能となる。

[0024] 本開示の一側面に係る学習済みの分類モデルは、対象物から所定のセンサにより取得されたセンサデータを分類するための、コンピュータを機能させる学習済みの分類モデルであって、分類モデルは、センサデータの類似性に基づいて所定のクラスタリング手法によりセンサデータを複数のグループに分類するクラスタリングモデルと、クラスタリングモデルにより分類された複数のグループのうちの抽出対象グループに含まれるセンサデータを分類する分類部と、を含み、クラスタリングモデルは、複数の対象物からなる第 1 の対象物群に含まれる対象物からセンサにより取得された複数のセンサデータからなる第 1 センサデータと、第 1 の対象物群から 1 以上の対象物が除かれた対象物群である第 2 の対象物群に含まれる対象物からセンサにより取得された複数のセンサデータからなる第 2 センサデータとからなるセンサデータ群を、クラスタリングモデルにより複数のグループに分類することにより、クラスタリングモデルのパラメータを更新することにより構築され、分類部は、クラスタリングモデルにより分類された複数のグループのうちの、グループに含まれる第 2 センサデータの数が第 1 センサデータの数より所定の程度以上少ないグループを抽出対象グループとして、センサデータを分類する。

[0025] 本開示の一側面に係る分類装置は、対象物から所定のセンサにより取得されたセンサデータを、学習済みの分類モデルを用いて分類する分類装置であ

って、分類モデルは、コンピュータを機能させるためのモデルであって、センサデータの類似性に基づいて所定のクラスタリング手法によりセンサデータを複数のグループに分類するクラスタリングモデルと、クラスタリングモデルにより分類された複数のグループのうちの抽出対象グループに含まれるセンサデータを分類する分類部と、を含み、クラスタリングモデルは、複数の対象物からなる第1の対象物群に含まれる対象物からセンサにより取得された複数のセンサデータからなる第1センサデータと、第1の対象物群から1以上の対象物が除かれた対象物群である第2の対象物群に含まれる対象物からセンサにより取得された複数のセンサデータからなる第2センサデータとからなるセンサデータ群を、クラスタリングモデルにより複数のグループに分類することにより、クラスタリングモデルのパラメータを更新することにより構築され、分類部は、クラスタリングモデルにより分類された複数のグループのうちの、グループに含まれる第2センサデータの数が第1センサデータの数より所定の程度以上少ないグループである抽出対象グループに含まれるセンサデータを分類し、分類装置は、分類対象のセンサデータを取得する取得部と、分類対象のセンサデータを分類モデルに入力して、分類モデルにより抽出対象グループに分類されたセンサデータを抽出する抽出部と、を備える。

[0026] このような側面によれば、分類モデルは、抽出対象グループに含まれるセンサデータを分類する。抽出対象グループは、学習段階において第1の対象物群から除かれた対象物の特徴を含むセンサデータのグループである。従って、学習段階において第2の対象物群を構成するために第1の対象物群から除かれた対象物の特徴を有するセンサデータを分類できる。

[0027] 本開示の一側面に係る選別装置は、対象物の状態に基づいて対象物群から対象物を選別するための選別装置であって、複数の対象物からなる第1の対象物群に含まれる対象物の状態を取得する第1のセンサを備える第1のセンサモジュールと、第1のセンサモジュールの下流工程側に配され、第1のセンサと同じセンサであって、第1の対象物群から1以上の対象物が除かれた

対象物群である第2の対象物群に含まれる対象物の状態を取得する第2のセンサを備える第2のセンサモジュールにより構成される、下工程モジュールと、を備える。

[0028] このような側面によれば、第1の対象物群に含まれる対象物から取得された第1のセンサデータが取得されると共に、第2の対象物群に含まれる対象物から取得された第2のセンサデータが取得される。これにより、第1のセンサデータ及び第2のセンサデータからなるセンサデータ群を分類モデルの学習に供することが可能となる。

[0029] 他の側面に係る選別装置では、第1のセンサモジュールと第2のセンサモジュールとの間に設けられ、対象物を第1のセンサモジュールから第2のセンサモジュールに搬送するためのコンベヤを備えるコンベヤモジュール、を更に備えることとしてもよい。

[0030] このような側面によれば、対象物を人手により取り除くための人員をコンベヤモジュールに沿って配し、所定の状態に該当する対象物を人手により取り除かせることにより、第1の対象物群から所定の状態に該当する対象物が取り除かれた第2の対象物群を構成することができる。

[0031] 本開示の一側面に係る選別装置は、対象物の状態に基づいて対象物群から対象物を選別するための選別装置であって、複数の対象物からなる第1の対象物群に含まれる対象物の状態を取得する第1のセンサを備える第1のセンサモジュールと、第1のセンサモジュールの下流工程側に配された下工程モジュールであって、第1のセンサと同じセンサであって、第1の対象物群から1以上の対象物が除かれた対象物群である第2の対象物群に含まれる対象物の状態を取得する第2のセンサを備える第2のセンサモジュール、または、第1のセンサにより取得され第1の対象物群に含まれる各対象物の状態を示すセンサデータのうちの、抽出対象として分類されたセンサデータが由来する対象物を、第1の対象物群から取り除くためのアクチュエータを備えるアクチュエータモジュール、のいずれかにより構成される、下工程モジュールと、を備えることとしてもよい。

[0032] このような側面によれば、第1のセンサモジュールの下流工程側に、第2のセンサモジュールまたはアクチュエータモジュールを配することができる。第1のセンサモジュールの下流工程側に第2のセンサモジュールが構成される場合には、分類モデルの学習に供するためのセンサデータ群を容易に取得できる。また、第1のセンサモジュールの下流工程側にアクチュエータモジュールが構成される場合には、第1のセンサにより取得されたセンサデータに基づいて、抽出対象として分類されたセンサデータが由来する対象物を対象物群から取り除くことが可能となる。

[0033] 他の側面に係る選別装置では、第2のセンサモジュールは、対象物を搬送する第2のコンベヤと、第2のセンサとを含み、第2のセンサは、第2のコンベヤにより搬送される対象物の状態を取得し、アクチュエータモジュールは、対象物を搬送する第3のコンベヤと、アクチュエータとを含み、アクチュエータは、第3のコンベヤにより搬送される対象物を第3のコンベヤ上から取り除き、第2のコンベヤにおける対象物の搬送方向に沿う長さは、第3のコンベヤにおける対象物の搬送方向に沿う長さと同じであることとしてもよい。

[0034] このような側面によれば、第2のコンベヤにおける対象物が搬入される搬入部から対象物が搬出される搬出部に至る長さが、第3のコンベヤにおける搬入部から搬出部に至る長さと同じであるので、選別装置により構成される対象物の選別ラインにおいて、第2のセンサモジュールとアクチュエータモジュールとを容易に置換できる。これにより、分類モデルの学習工程と、対象物の選別工程とを容易に切り替えることが可能となる。

発明の効果

[0035] 本開示の一側面によれば、様々な対象物の特徴の学習を容易にすることにより、対象物を選別する選別装置を簡易に構成可能とすることが可能となる。

図面の簡単な説明

[0036] [図1]実施形態に係る選別装置の一例を示す図である。

[図2]実施形態に係る分類モデル学習装置の機能構成の一例を示すブロック図である。

[図3]実施形態に係る分類モデル学習装置等を構成するサーバコンピュータに関するハードウェア構成の一例を示す図である。

[図4]分類モデルの構成の例を示す図である。

[図5]図5（a）は、センサデータの第1の例を示す図である。図5（b）は、センサデータの第2の例を示す図である。

[図6]本実施形態に係るクラスタリングモデルによるセンサデータのクラスタリングの概念を示す図である。

[図7]クラスタリングモデルにより分類されたセンサデータのグループにおける第1センサデータ及び第2センサデータの数の内訳を示す図である。

[図8]抽出対象グループが指定された分類モデルの構成を示す図である。

[図9]実施形態に係る分類モデル学習装置における分類モデル学習方法の内容の一例を示すフローチャートである。

[図10]実施形態に係る分類装置の機能構成の一例を示す図である。

[図11]実施形態に係る選別装置の一例を示す図である。

[図12]クラスタリングモデルにより分類されたセンサデータのグループにおける第1～4のセンサデータの数の内訳を示す図である。

[図13]実施形態に係る選別装置の一例を示す図である。

[図14]図14（a）は、コンベヤモジュールの例を示す図である。図14（b）は、センサモジュールの例及びそのバリエーションを示す図である。図14（c）は、アクチュエータモジュールの例及びそのバリエーションを示す図である。

[図15]学習工程と選別工程とを並行して実施するための選別装置の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0037] 以下、添付図面を参照しながら本発明の実施形態を詳細に説明する。なお、図面の説明において同一又は同等の要素には同一の符号を付し、重複する

説明を省略する。

[0038] 図1は、実施形態に係る選別装置の一例を示す図である。選別装置は、対象物の状態に基づいて対象物群から対象物を選別するための装置である。具体的には、選別装置は、食品及び工業製品等の工場において、不良品選別、良品の選別及び良品のクラス分けといった選別の対象物を選別するための装置である。

[0039] 図1に示されるように、選別装置L1は、第1のセンサモジュールms1、コンベヤモジュールmc及び第2のセンサモジュールms2を含む。第1のセンサモジュールms1は、コンベヤcbと第1のセンサse1を含む。

[0040] コンベヤcbは、対象物の搬入部及び搬出部を有し、対象物を搬入部から搬出部に至るまで搬送する。

[0041] 第1のセンサse1は、対象物の状態（特徴）を取得するセンサである。本実施形態に示される例では、センサは、光学的センサであって、対象物の画像をセンサデータとして取得する。センサは、例えば、CCDカメラ及びCMOSカメラ等であってもよい。また、センサは、温度分布を取得するサーモカメラ、深度情報を伴う画像を取得する3Dカメラであってもよい。センサは、対象物の特徴を取得可能であれば、その種類は限定されない。

[0042] コンベヤモジュールmcは、コンベヤcbを含む。対象物を人手により取り除くための人員hをコンベヤモジュールmcに沿って配することが可能である。これにより、コンベヤcb上を搬送される対象物群から、所定の条件に該当する対象物（例えば、不良品）を人手により取り除かせることが可能となる。

[0043] 第2のセンサモジュールms2は、コンベヤcbと、第2のセンサse2とを含む。第2のセンサse2は、第1のセンサse1と同じセンサにより構成される。第2のセンサse2は、第2のセンサモジュールms2のコンベヤcb上を搬送される対象物の状態（特徴）を取得する。なお、第2のセンサse2は、第1のセンサse1と同種の物理量を検知するセンサであって、第1のセンサse1と同種のセンサであってもよい。

- [0044] 選別装置L 1は、対象物の状態を示すセンサデータを分類する分類モデルの学習段階における構成を例示している。対象物は、第1のセンサモジュールms 1のコンベヤcbの搬入部から投入され、2台のコンベヤモジュールmcのコンベヤcbを経由して、第2のセンサモジュールms 2のコンベヤcbの搬出部に至るまで搬送される。
- [0045] 複数の対象物からなる第1の対象物群が、第1のセンサモジュールms 1のコンベヤcbの搬入部から投入されると、第1のセンサse 1は、コンベヤcb上を搬送される対象物の画像を、例えば所定の時間間隔でセンサデータとして取得する。
- [0046] 第2のセンサse 2は、第1の対象物群から1以上の対象物が除かれた対象物群である第2の対象物群に含まれる対象物の画像を所定の時間間隔でセンサデータとして取得する。図1に示す例では、第2の対象物群は、第1の対象物群から人員hの人手により不良品である対象物を取り除かれた対象物群である。なお、本実施形態の以下の例では、第2の対象物群は、第1の対象物群から人手により一部の対象物を取り除かれることにより構成される場合を説明しているが、第1の対象物群からその他の除去手段により対象物を取り除かれることにより第2の対象物群が構成されることとしてもよい。
- [0047] なお、本実施形態では、選別装置L 1は、不良品の選別をするための装置として例示するが、その目的は不良品の選別に限定されず、良品の選別及び良品のクラス分け等であってもよい。
- [0048] 図2は、実施形態に係る分類モデル学習装置の機能構成の一例を示すブロック図である。分類モデル学習装置10は、対象物から所定のセンサにより取得されたセンサデータを分類する分類モデルを、学習工程を経て生成する装置である。図2に示すように、本実施形態の分類モデル学習装置10は、プロセッサ101に構成された機能部と分類モデル記憶部17を含み得る。各機能部については後述する。
- [0049] 図3は、実施形態に係る分類モデル学習装置10を構成するサーバコンピュータ100のハードウェア構成の一例を示す図である。なお、サーバコン

ピュータ１００は、分類装置２０を構成しうる。

- [0050] 一例として、サーバコンピュータ１００はハードウェア構成要素として、プロセッサ１０１、主記憶部１０２、補助記憶部１０３、および通信部１０４を備える。
- [0051] プロセッサ１０１は、オペレーティングシステムおよびアプリケーションプログラムを実行する演算装置である。プロセッサの例としてCPU（Central Processing Unit）およびGPU（Graphics Processing Unit）が挙げられるが、プロセッサ１０１の種類はこれらに限定されない。例えば、プロセッサ１０１はセンサおよび専用回路の組合せでもよい。専用回路はFPGA（Field-Programmable Gate Array）のようなプログラム可能な回路でもよいし、他の種類の回路でもよい。
- [0052] 主記憶部１０２は、分類モデル学習装置１０等を実現するためのプログラム、プロセッサ１０１から出力された演算結果などを記憶する装置である。主記憶部１０２は例えばROM（Read Only Memory）およびRAM（Random Access Memory）のうちの少なくとも一つにより構成される。
- [0053] 補助記憶部１０３は、一般に主記憶部１０２よりも大量のデータを記憶することが可能な装置である。補助記憶部１０３は例えばハードディスク、フラッシュメモリなどの不揮発性記憶媒体によって構成される。補助記憶部１０３は、サーバコンピュータ１００を分類モデル学習装置１０等として機能させるためのサーバプログラムP１と各種のデータとを記憶する。本実施形態では、分類モデル学習装置１０を実現させる分類モデル学習プログラムはサーバプログラムP１として実装される。
- [0054] 通信部１０４は、通信ネットワークを介して他のコンピュータとの間でデータ通信を実行する装置である。通信部１０４は例えばネットワークカードまたは無線通信モジュールにより構成される。
- [0055] 分類モデル学習装置１０の各機能要素は、プロセッサ１０１または主記憶

部 102 の上に、対応するサーバプログラム P1 を読み込ませてプロセッサ 101 にそのプログラムを実行させることで実現される。サーバプログラム P1 は、対応するサーバの各機能要素を実現するためのコードを含む。プロセッサ 101 はサーバプログラム P1 に従って通信部 104 を動作させ、主記憶部 102 または補助記憶部 103 におけるデータの読み出しおよび書き込みを実行する。このような処理により、対応するサーバの各機能要素が実現される。

- [0056] サーバプログラム P1 は、CD-ROM、DVD-ROM、半導体メモリなどの有形の記録媒体に固定的に記録された上で提供されてもよい。あるいは、これらのプログラムの少なくとも一つは、搬送波に重畳されたデータ信号として通信ネットワークを介して提供されてもよい。
- [0057] 個々のサーバコンピュータは一つまたは複数のコンピュータにより構成され得る。一つのサーバのために複数のコンピュータが用いられる場合には、通信ネットワークを介してこれらのコンピュータが互いに接続されることで、論理的に一つのサーバが構成される。
- [0058] 再び図 2 を参照して、分類モデル学習装置 10 は、センサデータ取得部 11、クラスタリングモデル生成部 12、指定部 13、学習部 14 及び出力部 15 を備える。これらの各機能部 11～15 は、プロセッサ 101 にサーバプログラム P1 が読み込まれて、そのプログラムが実行されることにより実現される。
- [0059] 分類モデル学習装置 10 の各機能部は、分類モデル記憶部 17 にアクセス可能に構成されている。分類モデル記憶部 17 は、学習工程中のまたは学習済みの分類モデルを記憶及び管理させるための記憶手段であって、例えば主記憶部 102 または補助記憶部 103 に構成される。なお、本実施形態では、分類モデル記憶部 17 は、分類モデル学習装置 10 に構成されるが、分類モデル学習装置 10 からアクセス可能な他の装置に構成されてもよい。
- [0060] また、分類モデル学習装置 10 は、第 1 のセンサ se1 及び第 2 のセンサ se2 と通信可能に構成されており、具体的には、センサにより取得された

センサデータを取得する。

- [0061] 図4は、分類モデルの構成の一例を示す図である。分類モデルm dは、センサにより取得された対象物の状態及び特徴を示すセンサデータを分類するモデルである。図4に示されるように、分類モデルm dは、クラスタリングモデルm d 1 1及び分類部m d 1 2を含む。
- [0062] クラスタリングモデルm d 1 1は、センサデータの類似性に基づいて所定のクラスタリング手法によりセンサデータを複数のグループに分類するモデルである。クラスタリング手法は、例えば、周知のk - m e a n s法及びx - m e a n s法等であってもよい。これらのクラスタリング手法により、容易にクラスタリングモデルを構成できる。
- [0063] 分類部m d 1 2は、クラスタリングモデルm d 1 1により分類された複数のグループのうちの抽出対象グループに含まれるセンサデータを分類及び抽出する。抽出対象グループの指定については、後に詳述する。
- [0064] 機械学習による学習済みのクラスタリングモデルm d 1 1及び分類部m d 1 2を含む分類モデルm dは、コンピュータにより読み込まれ又は参照され、コンピュータに所定の処理を実行させ及びコンピュータに所定の機能を実現させるプログラムとして捉えることができる。
- [0065] 即ち、本実施形態の学習済みの分類モデルm dは、C P U及びメモリを備えるコンピュータにおいて用いられる。具体的には、コンピュータのC P Uが、メモリに記憶された学習済みの分類モデルm dからの指令に従って、分類モデルm dに入力されたセンサデータに対し演算を行い、分類されたセンサデータを出力するよう動作する。
- [0066] 続いて、分類モデル学習装置1 0の各機能部について説明する。センサデータ取得部1 1は、対象物の状態を取得するセンサにより、複数の対象物からなる第1の対象物群に含まれる対象物から取得された複数のセンサデータを第1センサデータとして取得する。本実施形態では、センサデータ取得部1 1は、第1のセンサs e 1から第1センサデータを取得する。
- [0067] また、センサデータ取得部1 1は、第1の対象物群から1以上の対象物が

除かれた対象物群である第2の対象物群に含まれる対象物からセンサにより取得された複数のセンサデータを第2センサデータとして取得する。本実施形態では、センサデータ取得部11は、第2のセンサse2から第2センサデータを取得する。

[0068] 図1を参照して説明したとおり、本実施形態における第1の対象物群は、第1のセンサモジュールms1のコンベヤcbの搬入部から投入された対象物群である。コンベヤcbにより搬送された対象物のうち不良品を示す所定の条件に該当する対象物が、人員hの人手により取り除かれる。従って、第2の対象物群は、人員hにより不良品であると判断された対象物が第1の対象物群から取り除かれた対象物群である。

[0069] 図5は、センサデータの例を示す図である。図5(a)は、センサデータの第1の例を示す図であって、対象物tのサイズが小さいために、個々の対象物を検出することが不可能な場合または適当ではない場合における、1フレームの画像の例を示す。第1のセンサse1及び第2のセンサse2は、例えば、所定の時間間隔で、または、コンベヤcbが撮像範囲に相当する距離だけ進むごとに、1フレームの画像Fを取得する。

[0070] センサデータ取得部11は、第1のセンサse1または第2のセンサse2から1フレームの画像Fを取得すると、所定の分割数に分割してグリッド画像gを生成する。図5(a)に示される例では、1フレームの画像Fから16のグリッド画像が生成される。センサデータ取得部11は、グリッド画像gのそれぞれを、第1または第2のセンサデータとして取得する。なお、センサデータ取得部11は、物体検出等の周知の画像処理技術により、対象物tが含まれているグリッド画像gのみを抽出して、第1または第2のセンサデータとして取得してもよい。

[0071] 図5(b)は、センサデータの第2の例を示す図であって、対象物tを画像Fから検出可能な場合における1フレームの画像の例を示す。センサデータ取得部11は、第1のセンサse1または第2のセンサse2から1フレームの画像Fを取得すると、例えば周知の物体検出アルゴリズムにより、対

象物 t を抽出する。物体検出アルゴリズムは、例えば、ニューラルネットワークを用いた物体検出モデルによるものであってもよい。センサデータ取得部 11 は、抽出した対象物 t を含む枠 f により規定される画像を、第 1 または第 2 のセンサデータとして取得する。

[0072] クラスタリングモデル生成部 12 は、複数の第 1 センサデータ及び複数の第 2 センサデータからなるセンサデータ群を、クラスタリングモデル $md1$ により複数のグループに分類することにより、クラスタリングモデル $md1$ のパラメータを更新する。クラスタリングモデル生成部 12 は、パラメータの更新を伴う機械学習により、クラスタリングモデル $md1$ を生成する。

[0073] 図 6 は、本実施形態に係るクラスタリングモデル $md1$ によるセンサデータのクラスタリングの概念を示す図である。図 6 に示されるように、クラスタリングモデル生成部 12 は、第 1 のセンサデータ $sd1$ 及び第 2 のセンサデータ $sd2$ からなるセンサデータ群 sd をセンサデータ取得部 11 から取得する。即ち、クラスタリングモデル生成部 12 は、第 1 のセンサ $se1$ 及び第 2 のセンサ $se2$ のそれぞれにより取得したセンサデータを、一群のセンサデータとして区別なくクラスタリングモデル $md1$ に提供する。

[0074] クラスタリングモデル生成部 12 は、センサデータ群 sd をクラスタリングモデル $md1$ に入力して複数のグループ $gra \sim grx$ に分類することにより、クラスタリングモデル $md1$ のパラメータを生成及び更新する。クラスタリングモデル $md1$ は、前述のとおり、 $k-means$ 法及び $x-means$ 法等の手法により構成されるモデルであってもよいが、複数のセンサデータをそれらの類似性に基づいてクラスタリングすることが可能であれば、その手法は限定されない。

[0075] クラスタリング手法の一例としての $k-means$ 法では、入力されるセンサデータをベクトルにより表現し、各センサデータをランダムにいずれかのクラスに割り振り、各クラスに割り振られたセンサデータに基づいて各クラスの中心を算出し、算出された各クラスの中心と各センサデータ

との距離を求め、各センサデータを最も中心に近いクラスタに割り当て直す。このようなセンサデータをクラスタへの割り当てとクラスタの中心の算出を繰り返し、各センサデータのクラスタへの割り当ての変化が所定程度を下回った場合に、クラスタリング処理を終了する。このときのクラスタの中心は、クラスタリングモデルのパラメータの少なくとも一部を構成する。

[0076] 指定部13は、クラスタリングモデル $m d 1 1$ により分類された複数のグループから、グループに含まれる第2センサデータ $s d 2$ の数が第1センサデータ $s d 1$ の数より所定の程度以上少ないグループを抽出対象グループとして指定する。

[0077] 図7は、クラスタリングモデル $m d 1 1$ により分類されたセンサデータのグループにおける第1センサデータ $s d 1$ 及び第2センサデータ $s d 2$ の数の内訳を示すグラフの例である。図8は、抽出対象グループが指定された分類モデル $m d$ の構成を示す図である。

[0078] 図7に示される例では、センサデータ群 $s d$ は、クラスタリングモデル $m d 1 1$ によりグループA～Jの10グループに分類されている。これらのグループのうち、例えば、グループA及びグループBでは、グループに含まれる第1センサデータ $s d 1$ の数と第2センサデータ $s d 2$ の数とは同程度である。一方、グループCでは、グループに含まれる第2センサデータ $s d 2$ の数が第1センサデータ $s d 1$ の数より有意に少ない。

[0079] 指定部13は、このように、グループに含まれる第2センサデータ $s d 2$ の数が第1センサデータ $s d 1$ の数より所定の程度以上少ないグループCを抽出対象グループ $g 1$ として指定する。抽出対象グループの指定のための条件である、第2センサデータ $s d 2$ の数と第1センサデータ $s d 1$ の数との差の程度は、数または割合として有意差を示す値が予め設計的に設定されてもよい。

[0080] 同様に、グループD及びグループFでは、グループに含まれる第2センサデータ $s d 2$ の数が第1センサデータ $s d 1$ の数より所定の程度以上に少ないので、指定部13は、グループD及びグループFのそれぞれを抽出対象グ

ループ g_2 , g_3 として指定する。

[0081] 図8に示されるように、クラスタリングモデル md_{11} によりセンサデータ群 s_d が分類されて生成されたグループ $A \sim J$ のうち、グループ C , D , F が抽出対象グループ g_1 , g_2 , g_3 として指定されることにより、分類モデル md の分類部 md_{12} は、グループ C , D , F に含まれるセンサデータを分類するように構成される。

[0082] グループ C , D , F に分類されたセンサデータは、第1のセンサ s_{e1} において取得され、第2のセンサ s_{e2} においてほとんど取得されなかったセンサデータである。即ち、抽出対象グループに分類されたセンサデータにより示される対象物の特徴は、第1の対象物群と第2の対象物群との差異分の対象物であり、人員 h の人手により第1の対象物群から除かれた対象物の特徴に該当する。従って、分類モデル md は、人員 h の人手により除かれた対象物の特徴を示すセンサデータを分類するように構成される。

[0083] なお、クラスタリングモデル生成部12は、センサによる所定の1単位のセンシングに基づいて取得された複数の第1センサデータ s_{d1} 及び複数の第2センサデータ s_{d2} からなるセンサデータ群 s_d を1単位のセンサデータ群 s_d として、1単位のセンサデータ群ごとに、クラスタリングモデル md_{11} によるセンサデータの分類及びパラメータの更新を実施し、指定部13は、1単位のセンサデータ群の分類が実施されるごとに、抽出対象グループの指定を実施してもよい。この場合には、対象物のセンサデータが取得されるごとに、クラスタリングモデルのパラメータが更新されるので、より高精度なクラスタリングモデルの学習が可能となる。なお、1単位のセンシングは、例えばセンサデータが画像である場合には、1フレームの画像の取得であってもよい。また、1単位のセンシングは、複数のフレームの画像の取得であってもよい。また、1単位のセンシングは、1以上の所定数の対象物に関するセンサデータの取得であってもよい。

[0084] また、クラスタリングモデル生成部12は、少なくとも2単位以上のセンサデータ群に対してクラスタリングモデル md_{11} によるセンサデータの分

類及びパラメータの更新を実施し、指定部13は、2単位以上のセンサデータ群の分類が実施されるごとに、抽出対象グループの指定を実施することとしてもよい。この場合には、一定程度以上の量のセンサデータが取得されるごとに、クラスタリングモデルのパラメータが更新されるので、学習に係る処理負荷が軽減される。

[0085] 学習部14は、センサデータ取得部11による第1センサデータs d 1及び第2センサデータs d 2の取得、クラスタリングモデル生成部12によるクラスタリングモデルm d 1 1のパラメータの更新、及び、指定部13による抽出対象グループの指定の処理を含む学習処理を繰り返すことにより、分類モデルm dの学習を行う。

[0086] 具体的には、学習部14は、第n回（nは1以上の整数）の学習処理が実施された後の分類モデルm dに基準センサデータセットを入力して得られたセンサデータの分類結果と、第（n+1）回の学習処理が実施された後の分類モデルm dに基準センサデータセットを入力して得られたセンサデータの分類結果との差異が所定の程度未満となった場合に、学習処理を終了することとしてもよい。基準データセットは、予め準備された複数のセンサデータのセットからなり、基準データセットを記憶している所定の記憶手段からセンサデータ取得部11により取得されることとしてもよい。

[0087] 例えば、学習処理の終了の条件としての分類結果の差異は、クラスタリングモデルにより各グループに分類されたセンサデータの数の差であってもよい。また、各グループに分類されたセンサデータの数の差（または差の2乗値）をグループごとに算出し、算出されたグループごとのセンサデータ数の差の、全グループ分の和が所定値未満となったことを学習終了の条件としてもよい。また、学習処理の終了の条件としての分類結果の差異は、抽出対象グループとして分類されたセンサデータの数の差であってもよい。

[0088] このように学習処理が繰り返され、学習処理の繰り返しにおいてクラスタリングモデルm d 1 1のパラメータの更新の程度が所定の程度未満となったときに学習処理が終了されることにより、当該対象物の分類に好適なクラス

タリングモデルm d 1 1を構築できる。

[0089] 出力部1 5は、学習処理が終了した分類モデルm dを出力する。具体的
に本実施形態においては、出力部1 5は、学習処理が終了した分類モデルm d
を分類モデル記憶部1 7に記憶させる。

[0090] 図9は、実施形態に係る分類モデル学習装置1 0における分類モデル学習
方法の内容の一例を示すフローチャートである。分類モデル学習方法は、プ
ロセッサ1 0 1にサーバプログラムP 1が読み込まれて、そのプログラムが
実行されることにより、各機能部1 1～1 5が実現されることにより実行さ
れる。

[0091] ステップS 1において、センサデータ取得部1 1は、第1の対象物群に含
まれる対象物から第1のセンサs e 1により取得された複数の第1センサデ
ータs d 1、及び、第1の対象物群から1以上の対象物が除かれた対象物群
である第2の対象物群に含まれる対象物から第2のセンサs e 2により取得
された第2センサデータs d 2を取得する。

[0092] ステップS 2において、クラスタリングモデル生成部1 2は、第1センサ
データs d 1及び第2センサデータs d 2からなるセンサデータ群s dをク
ラスタリングモデルm d 1 1に入力する。

[0093] ステップS 3において、クラスタリングモデル生成部1 2は、センサデー
タ群に含まれるセンサデータをクラスタリングモデルm d 1 1により分類さ
せ、クラスタリングモデルm d 1 1のパラメータを更新させる。

[0094] ステップS 4において、指定部1 3は、クラスタリングモデルm d 1 1に
より分類された複数のセンサデータのグループから、グループに含まれる第
2センサデータs d 2の数が第1センサデータs d 1の数より所定の程度以
上少ないグループを抽出対象グループとして指定する。

[0095] ステップS 5において、学習部1 4は、予め準備された複数のセンサデー
タのセットからなる基準センサデータセットを分類モデルm dに入力して得
られたセンサデータの分類結果を、今回のパラメータ等の更新前の分類モデ
ルm dに入力して得られたセンサデータの分類結果と比較する。

- [0096] ステップS 6において、学習部1 4は、ステップS 5において比較した分類結果の差異が所定の程度未満であるか否かを判定する。分類結果の差異が所定の程度未満であると判定された場合には、処理はステップS 7に進む。一方、分類結果の差異が所定の程度未満であると判定されなかった場合には、処理はステップS 1に戻り、分類モデルm dの学習処理が繰り返される。
- [0097] ステップS 7において、出力部1 5は、学習処理が終了した分類モデルm dを出力する。
- [0098] 次に、実施形態に係る分類装置を説明する。図1 0は、実施形態に係る分類装置2 0の機能構成の一例を示すブロック図である。分類装置2 0は、対象物から所定のセンサにより取得されたセンサデータを、学習済みの分類モデルm dを用いて分類する装置である。図1 0に示すように、本実施形態の分類装置2 0は、プロセッサ1 0 1に構成された機能部と分類モデル記憶部2 4を含み得る。
- [0099] 分類装置2 0は、取得部2 1、抽出部2 2及び識別情報出力部2 3を備える。これらの各機能部2 1～2 3は、プロセッサ1 0 1に所定のプログラムが読み込まれて、そのプログラムが実行されることにより実現される。
- [0100] 分類装置2 0の各機能部は、分類モデル記憶部2 4にアクセス可能に構成されている。
- 分類モデル記憶部2 4は、学習済みの分類モデルを記憶及び管理させるための記憶手段であって、例えば主記憶部1 0 2または補助記憶部1 0 3に構成される。分類モデル記憶部2 4は、分類モデル学習装置1 0における分類モデル記憶部1 7と同一のものとして構成されてもよい。なお、本実施形態では、分類モデル記憶部2 4は、分類装置2 0に構成されるが、分類装置2 0からアクセス可能な他の装置に構成されてもよい。
- [0101] また、分類装置2 0は、センサs e及びアクチュエータa cと通信可能に構成されている。分類装置2 0は、センサs eにより取得されたセンサデータを取得する。また、分類装置2 0は、取り除くべき対象物を特定するための情報をアクチュエータa cに送出する。

- [0102] センサ *s e* は、図 2 等を参照して説明した分類モデル学習装置 10 における第 1 のセンサ *s e 1* 及び第 2 のセンサ *s e 2* と同様の構成を有し、対象物の状態（特徴）を取得する。
- [0103] アクチュエータ *a c* は、搬送される対象物群から抽出対象として指定された対象物を取り除くための装置であって、例えば、対象物を把持可能なように構成された把持部と、把持部の位置を 3 次元的に移動させるアーム部とを含んでもよい。
- [0104] 取得部 21 は、分類対象の対象物群に含まれる対象物からセンサ *s e* により取得されたセンサデータを取得する。
- [0105] 抽出部 22 は、取得部 21 により取得された分類対象のセンサデータを分類モデル *m d* に入力して、分類モデル *m d* により抽出対象グループに分類されたセンサデータを抽出する。
- [0106] 識別情報出力部 23 は、抽出部 22 により抽出されたセンサデータに対応する対象物を識別するための識別情報をアクチュエータ *a c* に出力する。識別情報は、対象物を選別するための選別装置（後に詳述される）において、コンベヤにより搬送される対象物の位置を特定する位置情報（座標）等であってもよい。対象物の位置情報は、当該対象物をセンシングしたセンサ *s e* により取得され、分類装置 20 を介してアクチュエータ *a c* に通知される。識別情報は、コンベヤにおける対象物の搬送速度を含んでもよい。アクチュエータ *a c* は、通知された識別情報に基づいて、選別対象の対象物を除去することができる。アクチュエータ *a c* が対象物を把持可能に構成された装置である場合には、アクチュエータ *a c* は、通知された識別情報に基づいて、選別対象の対象物を把持することができる。
- [0107] 図 11 は、実施形態に係る選別装置の一例を示す図である。図 11 に示される選別装置 *L 2* は、対象物群からの人手による選別を実施しながら、分類モデルの学習に用いられるセンサデータを取得するための構成を有する。具体的には、選別装置 *L 2* は、例えば、対象物群から、3 種のクラスのそれぞれに該当する対象物を人員 *h 1 1*、*h 1 2*、*h 1 3* により取り除かせるよう

に構成され、取り除かれた3種のクラスの対象物の特徴を学習できるように、第1～第4のセンサ $s e 1 1 \sim s e 1 4$ を含む。なお、第1～第4のセンサ $s e 1 1 \sim s e 1 4$ は、同種の物理量を検知するセンサであって、全てが同種のセンサであってもよい。

[0108] さらに具体的には、選別装置 $L 2$ は、対象物がコンベヤにより搬送される方向に沿って設けられた第1のセンサモジュール $m s 1 1$ 、第1のコンベヤモジュール $m c 1 1$ 、第2のセンサモジュール $m s 1 2$ 、第2のコンベヤモジュール $m c 1 2$ 、第3のセンサモジュール $m s 1 3$ 、第3のコンベヤモジュール $m c 1 3$ 、第4のセンサモジュール $m s 1 4$ を含む。第1～第4のセンサモジュール $m s 1 1 \sim m s 1 4$ はそれぞれ、第1～第4のセンサ $s e 1 1 \sim s e 1 4$ を備える。

[0109] 複数の対象物からなる第1の対象物群が、第1のセンサモジュール $m s 1 1$ のコンベヤの搬入部から投入されると、第1のセンサ $s e 1 1$ は、コンベヤ上を搬送される対象物の状態を示す情報（例えば画像）を、第1センサデータとして取得する。

[0110] 第1の対象物群が、第1のセンサモジュール $m s 1 1$ のコンベヤから第1のコンベヤモジュール $m c 1 1$ のコンベヤに搬送されると、人員 $h 1 1$ の人手により、第1のクラスに該当する対象物を取り除かれる。従って、第1の対象物群から第1のクラスに該当する対象物を取り除かれた第2の対象物群が、第1のコンベヤモジュール $m c 1 1$ から第2のセンサモジュール $m s 1 2$ に搬送される。

[0111] 第2の対象物群が第2のセンサモジュール $m s 1 2$ のコンベヤの搬入部から投入されると、第2のセンサ $s e 1 2$ は、コンベヤ上を搬送される対象物の状態を示す第2センサデータを取得する。

[0112] 第2の対象物群が、第2のセンサモジュール $m s 1 2$ のコンベヤから第2のコンベヤモジュール $m c 1 2$ のコンベヤに搬送されると、人員 $h 1 2$ の人手により、第2のクラスに該当する対象物を取り除かれる。従って、第2の対象物群から第2のクラスに該当する対象物を取り除かれた第3の対象物群

が、第2のコンベヤモジュール m_{c12} から第3のセンサモジュール m_{s13} に搬送される。

[0113] 第3の対象物群が第3のセンサモジュール m_{s13} のコンベヤの搬入部から投入されると、第3のセンサ s_{e13} は、コンベヤ上を搬送される対象物の状態を示す第3センサデータを取得する。

[0114] 第3の対象物群が、第3のセンサモジュール m_{s13} のコンベヤから第3のコンベヤモジュール m_{c13} のコンベヤに搬送されると、人員 h_{13} の人手により、第3のクラスに該当する対象物を取り除かれる。従って、第3の対象物群から第3のクラスに該当する対象物を取り除かれた第4の対象物群が、第3のコンベヤモジュール m_{c13} から第4のセンサモジュール m_{s14} に搬送される。

[0115] 第4の対象物群が第4のセンサモジュール m_{s14} のコンベヤの搬入部から投入されると、第4のセンサ s_{e14} は、コンベヤ上を搬送される対象物の状態を示す第4センサデータを取得する。

[0116] 図11に例示されるように、複数のクラスに対象物を分類させる分類モデル m_d を生成するためには、分類モデル m_d の分類部 m_{d12} は、クラスタリングモデル m_{d11} によりクラスタリングされた複数のグループのうちの第 i ($i = 1, 2, \dots, m$ 、 m は2以上の整数)の抽出対象グループのそれぞれに含まれるセンサデータを、第 i のグループのそれぞれに分類するように構成される。ここで、文字 m は、クラス数に相当する。

[0117] 図11に示す例では、分類部 m_{d12} は、クラスタリングモデル m_{d11} によりクラスタリングされた複数のグループのうちの第 i ($i = 1, 2, 3, 4$)の抽出対象グループのそれぞれに含まれるセンサデータを、第 i のグループのそれぞれに分類するように構成される。

[0118] 複数のクラスに対象物を分類させる分類モデル m_d を生成するためには、センサデータ取得部11は、複数の対象物からなる第1の対象物群に含まれる対象物から取得された複数のセンサデータを第1センサデータとして取得する。さらに、センサデータ取得部11は、第 i の対象物群から1以上の対

象物が除かれた対象物群である第 $(i + 1)$ の対象物群に含まれる対象物から取得された複数のセンサデータを第 $(i + 1)$ センサデータとして取得する。

[0119] 図 1 1 に示す例では、センサデータ取得部 1 1 は、第 1 の対象物群に含まれる対象物から第 1 のセンサ $s e 1 1$ により取得された第 1 センサデータを取得する。さらに、センサデータ取得部 1 1 は、第 2 ～第 4 の対象物群のそれぞれに含まれる対象物から第 2 ～第 4 のセンサ $s e 1 2$, $s e 1 3$, $s e 1 4$ のそれぞれにより取得された第 2 センサデータ、第 3 センサデータ、第 4 センサデータを取得する。

[0120] 複数のクラスに対象物を分類させる分類モデル $m d$ を生成するためには、クラスタリングモデル生成部 1 2 は、複数の第 1 センサデータ、前記複数の第 2 センサデータ、・・・及び複数の第 $(m + 1)$ センサデータからなるセンサデータ群を、クラスタリングモデルにより複数のグループに分類することにより、クラスタリングモデルのパラメータを更新する。

[0121] 図 1 1 に示す例では、クラスタリングモデル生成部 1 2 は、第 1 センサデータ、第 2 センサデータ、第 3 センサデータ及び第 4 センサデータからなるセンサデータ群を、クラスタリングモデルにより複数のグループに分類することにより、クラスタリングモデルのパラメータを更新する。

[0122] 複数のクラスに対象物を分類させる分類モデル $m d$ を生成するためには、指定部 1 3 は、クラスタリングモデル $m d 1 1$ により分類された複数のグループから、グループに含まれる第 $(i + 1)$ センサデータの数が第 i センサデータの数より所定の程度以上少ないグループを第 i の抽出対象グループとして指定する。

[0123] 図 1 2 は、クラスタリングモデル $m d 1 1$ により分類されたセンサデータの各グループにおける第 $(1 \sim 4)$ センサデータの数の内訳を示すグラフの例である。図 1 2 に示される例では、第 $(1 \sim 4)$ センサデータからなるセンサデータ群は、クラスタリングモデル $m d 1 1$ によりグループ A ～ E の 5 グループに分類されている。これらのグループのうち、例えば、グループ C

及びグループEでは、グループに含まれる第（1～4）センサデータのそれぞれの数に有意な差はない。

- [0124] 一方、グループBでは、グループに含まれる第2センサデータの数が第1センサデータの数より有意に少ない。かかる場合に、指定部13は、グループBを第1の抽出対象グループg11として指定する。
- [0125] 同様に、グループAでは、グループに含まれる第3センサデータの数が第2センサデータの数より有意に少ないので、指定部13は、グループAを第2の抽出対象グループg12として指定する。さらに、グループDでは、グループに含まれる第4センサデータの数が第3センサデータの数より有意に少ないので、指定部13は、グループDを第3の抽出対象グループg13として指定する。
- [0126] このように、第1～第3の抽出対象グループgr11～gr13が指定されることにより、分類モデルmdは、グループB、グループA及びグループDのそれぞれに含まれるセンサデータを、第1～第3のクラスに相当する第1～第3のグループに分類するように構成される。
- [0127] なお、図11及び図12を参照して説明した例では、クラスタリングモデル生成部12が、第1センサデータ、第2センサデータ、第3センサデータ及び第4センサデータからなるセンサデータ群を、クラスタリングモデルmd11により複数のグループに分類することにより、クラスタリングモデルmd11のパラメータの更新及び学習を行い、指定部13が、センサデータを分類するための抽出対象グループを指定することとしている。
- [0128] これに対して、選別装置L2を、図1及び図7を参照して説明した例と同様の構成に適用してもよい。即ち、クラスタリングモデル生成部12が、第1のセンサse11により取得された第1センサデータ及び第2のセンサse12により取得された第2センサデータからなるセンサデータ群を、クラスタリングモデルmd11により複数のグループに分類することにより、クラスタリングモデルmd11のパラメータの更新及び学習を行い、指定部13が、分類された複数のグループのうちの1以上のグループを抽出対象グル

ープとして指定することとしてもよい。

[0129] さらに、クラスタリングモデル生成部12が、第2のセンサs e 1 2により取得された第2センサデータ及び第3のセンサs e 1 3により取得された第3センサデータからなるセンサデータ群に基づいてクラスタリングモデルm d 1 1のパラメータの更新及び学習を行い、指定部13が、分類された複数のグループのうちの1以上のグループを抽出対象グループとして指定することとしてもよい。さらに、クラスタリングモデル生成部12が、第3のセンサs e 1 3により取得された第3センサデータ及び第4のセンサs e 1 4により取得された第4センサデータからなるセンサデータ群に基づいてクラスタリングモデルm d 1 1のパラメータの更新及び学習を行い、指定部13が、分類された複数のグループのうちの1以上のグループを抽出対象グループとして指定することとしてもよい。

[0130] このように、図11に示される選別装置L2は、第1センサデータ、第2センサデータ、第3センサデータ及び第4センサデータからなるセンサデータ群を、一つのクラスタリングモデルm d 1 1に入力して複数のグループに分類することにより分類モデルm d を生成する第1の例と、第1センサデータと第2センサデータとからなるセンサデータ群、第2センサデータと第3センサデータとからなるセンサデータ群、及び、第3センサデータと第4センサデータとからなるセンサデータ群のそれぞれを、3つのクラスタリングモデルm d 1 1に入力してモデルの学習を行うことにより3つの分類モデルを生成する第2の例とに適用し得る。第1の例では、第2の例と比較して、モデルの生成に用いるセンサデータの量が多いので、より精度が高いモデルを生成できる。また、複数のクラスに対象物を分類させるために、第2の例では、少なくともクラス数に相当する数のモデルを生成する必要があるところ、第1の例では、一つのクラスタリングモデルm d 1 1及び分類モデルm d を生成すればよいので、モデル生成に係る計算量が削減される。

[0131] 次に、図1及び図13～図15を参照して、実施形態に係る選別装置の一例を説明する。図1に示されるように、本実施形態の選別装置L1は、複数

の対象物からなる第1の対象物群に含まれる対象物の状態を取得する第1のセンサ s_{e1} を備える第1のセンサモジュール m_{s1} と、第1のセンサモジュール m_{s1} の下流工程側に配され、第1のセンサ s_{e1} と同じセンサであって、第1の対象物群から1以上の対象物が除かれた対象物群である第2の対象物群に含まれる対象物の状態を取得する第2のセンサ s_{e2} を備える第2のセンサモジュール m_{s2} により構成される下工程モジュールと、を備えてもよい。

[0132] なお、第1のセンサモジュール m_{s1} 及び第2のセンサモジュール m_{s2} を含む本実施形態におけるモジュールは、装置、機械及びシステムを構成する機能的にまとまった部分である。また、本実施形態において説明されるその他の各種のモジュールにおいても同様である。また、後述されるように、本実施形態において説明される各種のモジュールは、長さ、幅及び高さが同じに構成されてもよい。従って、本実施形態における分類モデル学習装置10、分類装置20及び選別装置を構成する各モジュールは、他のモジュールに容易に置換可能である。

[0133] このような選別装置L1によれば、第1の対象物群に含まれる対象物から取得された第1のセンサデータが取得されると共に、第2の対象物群に含まれる対象物から取得された第2のセンサデータが取得される。従って、第1のセンサデータ及び第2のセンサデータからなるセンサデータ群を分類モデル m_d の学習に供することが可能となる。

[0134] また、図1に示されるように、選別装置L1は、第1のセンサモジュール m_{s1} と第2のセンサモジュール m_{s2} との間に設けられ、対象物を第1のセンサモジュール m_{s1} から第2のセンサモジュール m_{s2} に搬送するためのコンベヤ c_b を備えるコンベヤモジュール m_c を更に備えてもよい。

[0135] このように選別装置L1が構成されることにより、対象物を人手により取り除くための人員をコンベヤモジュール m_c に沿って配し、所定の状態に該当する対象物を人手により取り除かせることにより、第1の対象物群から所定の状態に該当する対象物が取り除かれた第2の対象物群を構成することが

できる。

[0136] 図13は、実施形態に係る選別装置の一例を示す図である。実施形態に係る選別装置は、第1のセンサモジュールms1と下工程モジュールとを備え、下工程モジュールは、第2のセンサモジュールms2、または、アクチュエータモジュールmaのいずれかにより構成されてもよい。図13は、下工程モジュールがアクチュエータモジュールmaにより構成されている選別装置L3の例を示す。

[0137] アクチュエータモジュールmaは、第1のセンサse1により取得され第1の対象物群に含まれる各対象物の状態を示すセンサデータのうちの、抽出対象として分類されたセンサデータが由来する対象物を、第1の対象物群から取り除くためのアクチュエータacを備える。第1のセンサse1により取得されたセンサデータは、分類装置20の取得部21により取得される。また、アクチュエータacは、分類装置20の識別情報出力部23により出力された識別情報に基づいて、抽出対象として分類されたセンサデータが由来する対象物をコンベヤcb上から取り除く。

[0138] 例えば、図1に例示されるように、第2のセンサモジュールms2は、対象物を搬送するコンベヤcbと、第2のセンサse2とを含む。また、図13に例示されるように、アクチュエータモジュールmaは、対象物を搬送するコンベヤcbと、アクチュエータacとを含む。第2のセンサモジュールms2のコンベヤcbにおける対象物の搬送方向に沿う長さは、アクチュエータモジュールmaのコンベヤcbにおける対象物の搬送方向に沿う長さと同じに構成されている。このように構成されていることにより、選別装置において、第2のセンサモジュールms2とアクチュエータモジュールmaとを容易に置換できる。これにより、分類モデルmdの学習工程と、対象物の選別工程とを容易に切り替えることが可能となる。

[0139] また、第2のセンサモジュールms2のコンベヤcbの幅は、アクチュエータモジュールmaのコンベヤcbの幅と同じ長さに構成されていてもよい。これにより、第2のセンサモジュールms2とアクチュエータモジュール

m aとの置換がさらに容易である。更に、第2のセンサモジュールm s 2のコンベヤc bの高さは、アクチュエータモジュールm aのコンベヤc bの高さと同じに構成されていてもよい。

- [0140] 図14(a)は、コンベヤモジュールの例を示す図である。図14(a)に示されるコンベヤモジュールm cは、対象物を搬送するためのコンベヤc bからなる。
- [0141] 図14(b)は、センサモジュールの例及びそのバリエーションを示す図である。センサモジュールm s 3 1は、CCD/CMOSセンサs e 3 1及びコンベヤc bを含む。CCD/CMOSセンサs e 3 1は、コンベヤc bにより搬送される対象物の画像をセンサデータとして取得する。
- [0142] センサモジュールm s 3 2は、サーモカメラs e 3 2及びコンベヤc bを含む。サーモカメラs e 3 2は、コンベヤc bにより搬送される対象物の温度分布をセンサデータとして取得する。
- [0143] センサモジュールm s 3 3は、深度センサs e 3 3及びコンベヤc bを含む。深度センサs e 3 3は、コンベヤc bにより搬送される対象物の深度を伴う画像をセンサデータとして取得する。
- [0144] 図14(c)は、アクチュエータモジュールの例及びそのバリエーションを示す図である。アクチュエータモジュールm a 3 1は、プッシャアームa c 3 1及びコンベヤc bを含む。プッシャアームa c 3 1は、コンベヤc bにより搬送される対象物を、アームに接続された把持部で取り除き、コンベヤc bの側方に移動させる。
- [0145] アクチュエータモジュールm a 3 2は、平行リンクa c 3 2及びコンベヤc bを含む。平行リンクa c 3 2は、コンベヤc bにより搬送される対象物を、把持部で把持し、コンベヤc b上から取り除く。
- [0146] アクチュエータモジュールm a 3 3は、ロボットアームa c 3 3及びコンベヤc bを含む。ロボットアームa c 3 3は、コンベヤc bにより搬送される対象物を、アームに接続された把持部で取り除き、コンベヤc b上から取り除く。

- [0147] 図14(a)～(c)に示される各モジュールに含まれるコンベヤc bは、搬送方向に沿う長さ及び幅ともに、同じ長さに構成される。これにより、選別装置を構成するモジュールの置換が容易となる。
- [0148] 図15は、実施形態の一例にかかる選別装置の一例を示す図である。選別装置L 4は、分類モデルの学習と分類モデルm dを用いた対象物の選別とを並行して実施するための構成を有する。
- [0149] 選別装置L 4は、第1の対象物群に含まれる対象物の状態を取得する第1のセンサs e 1を備える第1のセンサモジュールm s 1と、第1のセンサモジュールm s 1の下流工程側に配され、第1のセンサs e 1と同じセンサであって、第1の対象物群から1以上の対象物が除かれた対象物群である第2の対象物群に含まれる対象物の状態を取得する第2のセンサs e 2を備える第2のセンサモジュールm s 2を含む。
- [0150] また、選別装置L 4は、第1のセンサモジュールm s 1と第2のセンサモジュールm s 2との間に、アクチュエータモジュールm a及びコンベヤモジュールm cを備える。アクチュエータモジュールm aのアクチュエータは、第1のセンサモジュールm s 1の第1のセンサs e 1により取得されたセンサデータに基づいて、分類モデルm dにより分類されたセンサデータに対応する対象物を取り除くように動作する。また、コンベヤモジュールm cに沿って配された人員hの人手により、コンベヤ上を搬送される対象物を取り除かれる。従って、第2の対象物群は、第1の対象物群からアクチュエータモジュールm aのアクチュエータ及び人員hの人手により対象物を取り除かれた対象物群である。
- [0151] このような選別装置L 4によれば、第1の対象物群に含まれる対象物から取得された第1のセンサデータ及び第2の対象物群に含まれる対象物から取得された第2のセンサデータからなるセンサデータ群を分類モデルm dの学習に供することにより、アクチュエータモジュールa cのアクチュエータ及び人員hの人手により取り除かれた対象物の特徴を示すセンサデータを抽出対象として分類する分類モデルm dを構築することが可能となる。

[0152] 具体的には、センサデータ取得部11は、第1のセンサs e 1及び第2のセンサs e 2のそれぞれから第1センサデータ及び第2センサデータを取得する。クラスタリングモデル生成部12は、第1センサデータ及び第2センサデータからなるセンサデータ群を、クラスタリングモデルm d 11により複数のグループに分類することにより、クラスタリングモデルm d 11のパラメータの更新及び学習を行う。指定部13は、クラスタリングモデルm d 11により分類された複数のグループから、グループに含まれる第2センサデータの数が第1センサデータの数より所定の程度以上少ないグループを抽出対象グループとして指定する。そして、学習部14は、上記の学習処理により分類モデルm dを生成する。また、アクチュエータモジュールa c及び人員hによる対象物の選別を、分類モデルm dの学習と並行して実施できる。

[0153] 以上説明した本実施形態の分類モデル学習装置10、分類モデル学習方法及び分類モデル学習プログラムによれば、複数の第1センサデータと複数の第2センサデータとからなるセンサデータ群がクラスタリングモデルによりクラスタリングされることによりクラスタリングモデルのパラメータが更新され、クラスタリング及びパラメータの更新を繰り返す学習により、対象物の分類に好適なクラスタリングモデルが構成される。また、抽出対象グループは、グループに含まれる第2センサデータの数が第1センサデータの数より所定の程度以上少ない有意差のあるグループであるので、抽出対象グループに分類されたセンサデータは、第1の対象物群から除かれた対象物の特徴を含むセンサデータである。分類モデルは、抽出対象グループに含まれるセンサデータを分類するので、分類モデルは、学習処理により、第1の対象物群から除かれた対象物の特徴を有するセンサデータを分類するように構成される。従って、分類モデルの学習段階において、第1の対象物群から人手により対象物を除去することにより第2の対象物群を構成することにより、人手により除去していた対象物を分類することが可能な分類モデルを容易に得ることが可能となる。従って、対象物の人手による選別といった従来からの

作業を継続しながら、自動で対象物を選別するための分類モデルの学習を進めることができる。

[0154] また、本実施形態の分類モデル $m d$ 及び分類装置20によれば、分類モデル $m d$ は、抽出対象グループに含まれるセンサデータを分類する。抽出対象グループは、学習段階において第1の対象物群から除かれた対象物の特徴を含むセンサデータのグループである。従って、学習段階において第2の対象物群を構成するために第1の対象物群から除かれた対象物の特徴を有するセンサデータを分類できる。

[0155] また、本実施形態の選別装置によれば、第1の対象物群に含まれる対象物から取得された第1のセンサデータが取得されると共に、第2の対象物群に含まれる対象物から取得された第2のセンサデータが取得される。これにより、第1のセンサデータ及び第2のセンサデータからなるセンサデータ群を分類モデルの学習に供することが可能となる。

[0156] 以上、本発明をその実施形態に基づいて詳細に説明した。しかし、本発明は上記実施形態に限定されるものではない。本発明は、その要旨を逸脱しない範囲で様々な変形が可能である。

符号の説明

[0157] $L 1$ 、 $L 2$ 、 $L 3$ 、 $L 4$ …選別装置、 $P 1$ …サーバプログラム、 $m d$ …分類モデル、 $m d 1 1$ …クラスタリングモデル、 $m d 1 2$ …分類部、10…分類モデル学習装置、11…センサデータ取得部、12…クラスタリングモデル生成部、13…指定部、14…学習部、15…出力部、17…分類モデル記憶部、20…分類装置、21…取得部、22…抽出部、23…識別情報出力部、24…分類モデル記憶部、100…サーバコンピュータ、101…プロセッサ、102…主記憶部、103…補助記憶部、104…通信部。