

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7128736号
(P7128736)

(45)発行日 令和4年8月31日(2022.8.31)

(24)登録日 令和4年8月23日(2022.8.23)

(51)国際特許分類 F I
B 2 5 J 13/00 (2006.01) B 2 5 J 13/00 Z

請求項の数 12 (全20頁)

(21)出願番号	特願2018-245470(P2018-245470)	(73)特許権者	000000974
(22)出願日	平成30年12月27日(2018.12.27)		川崎重工業株式会社
(65)公開番号	特開2020-104215(P2020-104215 A)		兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号
(43)公開日	令和2年7月9日(2020.7.9)	(74)代理人	100118784
審査請求日	令和3年10月29日(2021.10.29)		弁理士 桂川 直己
		(72)発明者	蓮沼 仁志
			兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号 川崎重工業株式会社内
		(72)発明者	山本 武司
			兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号 川崎重工業株式会社内
		(72)発明者	倉島 一輝
			兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号 川崎重工業株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ロボット制御装置、ロボットシステム及びロボット制御方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

人間がロボットを操作して一連の作業を行わせる場合の、当該ロボット及びその周辺の状態を入力データとし、それに応じた人間の操作又は当該操作による当該ロボットの動作を出力データとする作業データを学習することにより構築された学習済モデルと、

ロボット及びその周辺の状態に関する入力データが前記学習済モデルに入力された場合に、それに応じて推定される人間の操作又はロボットの動作に関する出力データを前記学習済モデルから得ることにより、前記作業を行わせるためのロボットの制御データを得る制御データ取得部と、

人間がロボットを操作して前記一連の作業よりも単純な動作を行わせる場合の、当該ロボット及びその周辺の状態を入力データとし、それに応じた人間の操作又は当該操作による当該ロボットの動作を出力データとする作業データを学習することにより、複数の前記動作毎に構築されたベース学習済モデルと、

前記動作の内容を表現する情報を含む動作ラベルを、前記ベース学習済モデルに対応付けて記憶する動作ラベル記憶部と、

前記学習済モデルとそれぞれの前記ベース学習済モデルとの間の類似度を取得することにより、前記学習済モデルを複数の前記ベース学習済モデルの組合せで表現する場合の組合せ情報を取得するベース学習済モデル組合せ情報取得部と、

前記組合せ情報に基づいて、複数の組合せによって前記学習済モデルを表現する前記ベース学習済モデルのそれぞれに対応する前記動作ラベルを出力する情報出力部と、

10

20

を備えることを特徴とするロボット制御装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のロボット制御装置であって、

前記ベース学習済モデル組合せ情報取得部は、前記学習済モデルを複数の前記ベース学習済モデルの組合せで表現する場合の、複数の前記ベース学習済モデルの時系列での関係を取得し、

前記情報出力部は、複数の前記ベース学習済モデルの時系列での関係を、前記動作ラベルを用いて出力することを特徴とするロボット制御装置。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載のロボット制御装置であって、

前記学習済モデルは、前記入力データが当該学習済モデルに入力された場合に、それに応じて出力される前記出力データが、前記一連の作業のうちどの進捗度合いに相当するかを示す進行度を出力可能であり、

前記ベース学習済モデル組合せ情報取得部は、前記進行度に基づいて、複数の前記ベース学習済モデルの時系列での関係を取得可能であることを特徴とするロボット制御装置。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 までの何れか一項に記載のロボット制御装置であって、

前記学習済モデル及び前記ベース学習済モデルは、学習対象の前記作業データを特徴に応じてクラスタリング可能であり、

前記ベース学習済モデル組合せ情報取得部は、前記学習済モデルにおけるクラスタリングの結果と、前記ベース学習済モデルにおけるクラスタリングの結果と、を比較することにより、前記学習済モデルと前記ベース学習済モデルとの間の類似性を判断することを特徴とするロボット制御装置。

【請求項 5】

請求項 1 から 4 までの何れか一項に記載のロボット制御装置であって、

前記ベース学習済モデル組合せ情報取得部は、同一の前記入力データに対して前記学習済モデルと前記ベース学習済モデルが出力するデータを比較することにより、前記学習済モデルと前記ベース学習済モデルとの間の類似性を判断することを特徴とするロボット制御装置。

【請求項 6】

請求項 1 から 5 までの何れか一項に記載のロボット制御装置であって、

未学習の前記作業データのうち、ロボット及びその周辺の状態のデータが前記学習済モデルに入力された場合に、当該学習済モデルが出力する前記出力データと、未学習の前記作業データに含まれる前記出力データと、を比較して一致度を取得する比較部を備え、

前記情報出力部は、前記一致度を、ロボットの動作の時系列との関係で出力することを特徴とするロボット制御装置。

【請求項 7】

請求項 6 に記載のロボット制御装置であって、

未学習の前記作業データは、前記一連の作業のうち少なくとも一部を行わせるために前記ロボットを人間が操作することでリアルタイムに生成される作業データであることを特徴とするロボット制御装置。

【請求項 8】

請求項 1 から 7 までの何れか一項に記載のロボット制御装置であって、

前記学習済モデルは、一連の前記作業のうち一部の動作の時系列的位置を指定することで、当該学習済モデルにおいて当該動作に相当する部分を削除可能であることを特徴とするロボット制御装置。

【請求項 9】

請求項 1 から 8 までの何れか一項に記載のロボット制御装置であって、

前記学習済モデルは、前記一連の作業のうち一部の動作の時系列的位置を指定するとともに、当該動作を置き換える動作を学習させるための追加作業データを指定することで、

10

20

30

40

50

当該学習済モデルにおいて当該動作に相当する部分を、当該追加作業データを学習したものに置換可能であることを特徴とするロボット制御装置。

【請求項 10】

請求項 1 から 9 までの何れか一項に記載のロボット制御装置であって、

前記学習済モデルは、前記入力データの入力に応じて前記学習済モデルが前記出力データを出力する場合の、前記推定の確からしさを取得する確信度を出力可能であり、

前記情報出力部は、前記動作ラベルとともに、前記確信度を出力することを特徴とするロボット制御装置。

【請求項 11】

請求項 1 から 10 までの何れか一項に記載のロボット制御装置と、

前記ロボットと、

を備えることを特徴とするロボットシステム。

【請求項 12】

人間がロボットを操作して一連の作業を行わせる場合の、当該ロボット及びその周辺の状態を入力データとし、それに応じた人間の操作又は当該操作による当該ロボットの動作を出力データとする作業データを学習することにより構築されたモデルを学習済モデルと呼び、

人間がロボットを操作して前記一連の作業よりも単純な動作を行わせる場合の、当該ロボット及びその周辺の状態を入力データとし、それに応じた人間の操作又は当該操作による当該ロボットの動作を出力データとする作業データを学習することにより、複数の前記動作毎に構築されたモデルをベース学習済モデルと呼ぶときに、

ロボット及びその周辺の状態に関する入力データが前記学習済モデルに入力された場合に、それに応じて推定される人間の操作又はロボットの動作に関する出力データを前記学習済モデルから得ることにより、前記作業を行わせるためのロボットの制御データを得る制御データ取得工程と、

前記動作の内容を表現する情報を含む動作ラベルを、前記ベース学習済モデルに対応付けて記憶する動作ラベル記憶工程と、

前記学習済モデルとそれぞれの前記ベース学習済モデルとの間の類似度を取得することにより、前記学習済モデルを複数の前記ベース学習済モデルの組合せで表現する場合の組合せ情報を取得するベース学習済モデル組合せ情報取得工程と、

前記組合せ情報に基づいて、複数の組合せによって前記学習済モデルを表現する前記ベース学習済モデルのそれぞれに対応する前記動作ラベルを出力する情報出力工程と、を含むことを特徴とするロボット制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、主として、ロボットを制御するロボット制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、ロボットの作業動作に関するモデルを構築することができる機械学習装置を備えたロボット制御装置が知られている。特許文献 1 は、この種のロボット制御装置を開示する。

【0003】

特許文献 1 は、乱雑に置かれたワークを取り出すときのロボットの最適な動作を人間の介在無しに学習できる機械学習装置を備えるロボットシステムを開示する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開 2017-30135 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、上記特許文献1の構成は、一連の作業を実行させるためのロボットの動作に関する学習済モデルを構築しても、学習済モデルが当該作業をどのような動作として学習したかについてユーザが確認することができなかった。このため、ロボットの自律動作のために学習済モデルの出力を用いることにユーザが納得しにくく、この点で改善の余地があった。

【0006】

本発明は以上の事情に鑑みてされたものであり、その目的は、学習済モデルの予測に基づくロボットの動作についてユーザの納得感が得られ易いロボット制御装置等を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の解決しようとする課題は以上の如くであり、次にこの課題を解決するための手段とその効果を説明する。

【0008】

本発明の第1の観点によれば、以下の構成のロボット制御装置が提供される。即ち、ロボット制御装置は、学習済モデルと、制御データ取得部と、ベース学習済モデルと、動作ラベル記憶部と、ベース学習済モデル組合せ情報取得部と、情報出力部と、を備える。前記学習済モデルは、人間がロボットを操作して一連の作業を行わせる場合の、当該ロボット及びその周辺の状態を入力データとし、それに応じた人間の操作又は当該操作による当該ロボットの動作を出力データとする作業データを学習することにより構築される。前記制御データ取得部は、ロボット及びその周辺の状態に関する入力データが前記学習済モデルに入力された場合に、それに応じて推定される人間の操作又はロボットの動作に関する出力データを前記学習済モデルから得ることにより、前記作業を行わせるためのロボットの制御データを取得する。前記ベース学習済モデルは、人間がロボットを操作して前記一連の作業よりも単純な動作を行わせる場合の、当該ロボット及びその周辺の状態を入力データとし、それに応じた人間の操作又は当該操作による当該ロボットの動作を出力データとする作業データを学習することにより、複数の前記動作毎に構築される。前記動作ラベル記憶部は、前記動作の内容を表現する情報を含む動作ラベルを、前記ベース学習済モデルに対応付けて記憶する。前記ベース学習済モデル組合せ情報取得部は、前記学習済モデルとそれぞれの前記ベース学習済モデルとの間の類似度を取得することにより、前記学習済モデルを複数の前記ベース学習済モデルの組合せで表現する場合の組合せ情報を取得する。前記情報出力部は、前記組合せ情報に基づいて、複数の組合せによって前記学習済モデルを表現する前記ベース学習済モデルのそれぞれに対応する前記動作ラベルを出力する。

【0009】

これにより、一連の作業を学習済モデルに学習させた場合に、ユーザは、当該作業がどのような動作の組合せとして学習されていると言えるかを、出力された動作ラベルに基づいて容易に把握することができる。従って、学習済モデルの透明性が高まり、ユーザは納得感を持って学習済モデルをロボット制御に用いることができる。

【0010】

本発明の第2の観点によれば、以下の構成のロボット制御方法が提供される。即ち、このロボット制御方法では、人間がロボットを操作して一連の作業を行わせる場合の、当該ロボット及びその周辺の状態を入力データとし、それに応じた人間の操作又は当該操作による当該ロボットの動作を出力データとする作業データを学習することにより構築されたモデルを学習済モデルと呼ぶ。また、このロボット制御方法では、人間がロボットを操作して前記一連の作業よりも単純な動作を行わせる場合の、当該ロボット及びその周辺の状態を入力データとし、それに応じた人間の操作又は当該操作による当該ロボットの動作を出力データとする作業データを学習することにより、複数の前記動作毎に構築されたモデルをベース学習済モデルと呼ぶ。このロボット制御方法は、制御データ取得工程と、動作

10

20

30

40

50

ラベル記憶工程と、ベース学習済モデル組合せ情報取得工程と、情報出力工程と、を含む。前記制御データ取得工程では、ロボット及びその周辺の状態に関する入力データが前記学習済モデルに入力された場合に、それに応じて推定される人間の操作又はロボットの動作に関する出力データを前記学習済モデルから得ることにより、前記作業を行わせるためのロボットの制御データを得る。前記動作ラベル記憶工程では、前記動作の内容を表現する情報を含む動作ラベルを、前記ベース学習済モデルに対応付けて記憶する。前記ベース学習済モデル組合せ情報取得工程では、前記学習済モデルとそれぞれの前記ベース学習済モデルとの間の類似度を取得することにより、前記学習済モデルを複数の前記ベース学習済モデルの組合せで表現する場合の組合せ情報を取得する。前記情報出力工程では、前記組合せ情報に基づいて、複数の組合せによって前記学習済モデルを表現する前記ベース学習済モデルのそれぞれに対応する前記動作ラベルを出力する。

10

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、学習済モデルの予測に基づくロボットの動作についてユーザの納得感が得られ易いロボット制御装置等を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明の一実施形態に係るロボットシステムの電氣的構成を示すブロック図。

【図2】AI部の学習のために時系列の局面データが収集される様子を示す図。

【図3】学習済モデルの構築について説明する図。

20

【図4】学習済モデルが行う推定について説明する図。

【図5】学習済モデルとベース学習済モデルを比較する処理を示す図。

【図6】学習済モデルとベース学習済モデルを比較する他の手法を示す図。

【図7】ロボット制御装置における表示部の表示例を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0013】

次に、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。図1は、本発明の一実施形態に係るロボットシステム1の電氣的構成を示すブロック図である。

【0014】

図1に示すロボットシステム1は、ロボット10を用いて作業を行うシステムである。ロボット10に行わせる作業としては様々であるが、例えば、組立て、加工、塗装、洗浄等がある。

30

【0015】

詳細は後述するが、ロボット10は、データを機械学習することで構築されたモデル（学習済モデル43）を用いて制御される。そのため、ロボットシステム1は、基本的にはユーザの補助を必要とせず、作業を自律的に行うことができる。また、ロボット10は、自律的に作業を行うだけでなく、ユーザの操作に応じて作業を行うこともできる。以下の説明では、ロボット10が作業を自律的に行うことを「自律運転」と呼び、ユーザの操作に応じてロボット10が作業を行うことを「手動運転」と呼ぶことがある。

【0016】

40

図1に示すように、ロボットシステム1は、ロボット10と、ロボット制御装置15と、を備える。ロボット10とロボット制御装置15は有線又は無線により互いに接続されており、信号のやり取りを行うことができる。

【0017】

ロボット10は、台座に取り付けられたアーム部を備える。アーム部は、複数の関節を有しており、各関節にはアクチュエータが備えられている。ロボット10は、外部から入力された動作指令に応じてアクチュエータを動作させることでアーム部を動作させる。

【0018】

アーム部の先端には、作業内容に応じて選択されたエンドエフェクタが取り付けられている。ロボット10は、外部から入力された動作指令に応じてエンドエフェクタを動作さ

50

せることができる。

【0019】

ロボット10には、ロボット10の動作及び周囲環境等を検出するためのセンサが取り付けられている。本実施形態では、動作センサ11と、力センサ12と、カメラ13と、がロボット10に取り付けられている。

【0020】

動作センサ11は、ロボット10のアーム部の関節毎に設けられており、各関節の回転角度又は角速度を検出する。力センサ12は、ロボット10の動作時に、ロボット10が受けた力を検出する。力センサ12はエンドエフェクタに掛かる力を検出する構成であってもよいし、アーム部の各関節に掛かる力を検出する構成であってもよい。また、力センサ12は、力に代えて又は加えてモーメントを検出する構成であってもよい。カメラ13は、作業対象であるワークの映像（ワークに対する作業の進行状況）を検出する。

【0021】

動作センサ11が検出するデータは、ロボット10の動作を示す動作データである。力センサ12及びカメラ13が検出するデータは、ロボット10の周囲の環境を示す周囲環境データである。動作データと周囲環境データを総合したデータを、以下の説明で状態データと呼ぶことがある。状態データは、ロボット10及びその周辺の状態を示すものである。

【0022】

以下の説明では、ロボット10に設けられた動作センサ11、力センサ12、及びカメラ13をまとめて「状態検出センサ11～13」と称することがある。また、状態検出センサ11～13が検出したデータを、特に「センサ情報」と称することがある。状態検出センサ11～13は、ロボット10に取り付ける代わりに、ロボット10の周囲に設けてもよい。

【0023】

ロボット制御装置15は、ユーザインタフェース部20と、動作切替部（制御データ取得部）30と、AI部40と、動作ラベル記憶部50と、ベース学習済みモデル組合せ情報取得部60と、データ比較部（比較部）70と、を備える。

【0024】

具体的には、ロボット制御装置15は、CPU、ROM、RAM、及びHDDを備えるコンピュータである。コンピュータは、ユーザが操作するためのマウス等の装置を備える。コンピュータはGPUを備えると、後述のニューラルネットワークによる学習を短時間で行うことができ、好ましい。HDDには、ロボット制御装置15を動作させるためのプログラムが記憶される。上記のハードウェアとソフトウェアとの協働により、ロボット制御装置15を、ユーザインタフェース部20、動作切替部30、AI部40、動作ラベル記憶部50、ベース学習済みモデル組合せ情報取得部60、及びデータ比較部70として機能させることができる。

【0025】

ユーザインタフェース部20は、ロボット制御装置15のユーザインタフェース機能を実現するものである。ユーザインタフェース部20は、操作部21と、表示部（情報出力部）22と、を備える。

【0026】

操作部21は、ロボット10を手動で操作するために用いる装置である。操作部21は、例えばレバー、ペダル等を備える構成とすることができる。

【0027】

図示しないが、操作部21は、公知の操作力検出センサを備える。操作力検出センサは、ユーザが操作部21に加えた力（操作力）を検出する。

【0028】

操作部21が様々な方向に動かすことができるように構成されている場合、操作力は力の向き及び大きさを含む値、例えばベクトルであってもよい。また、操作力は、ユーザが

10

20

30

40

50

加えた力（N）だけでなく、力に連動する値である加速度（即ち、ユーザが加えた力を操作部 21 の質量で除算した値）の形で検出されてもよい。

【0029】

以下の説明では、ユーザが操作部 21 に加えた操作力を、特に「ユーザ操作力」と称することがある。ユーザが操作部 21 を操作することで出力されたユーザ操作力は、後述するように動作切替部 30 で動作指令に変換される。

【0030】

表示部 22 は、ユーザの指示に応じて、様々な情報を表示することができる。表示部 22 は、例えば液晶ディスプレイとすることができる。表示部 22 は、操作部 21 の近傍に配置されている。操作部 21 がロボット 10 から離れて配置されている場合、表示部 22 に、ロボット 10 及びその周辺の映像を表示させても良い。

10

【0031】

動作切替部 30 には、ロボット 10、操作部 21、及び A I 部 40 が接続されている。動作切替部 30 には、操作部 21 が出力したユーザ操作力と、A I 部 40 が出力した後述の推定操作力と、が入力される。

【0032】

動作切替部 30 は、ロボット 10 を動作させるための動作指令を、ロボット 10 及び A I 部 40 へ出力する。動作切替部 30 は、切替部 31 と、変換部 32 と、を備える。

【0033】

切替部 31 は、入力されたユーザ操作力及び推定操作力のうち一方を変換部 32 へ出力するように構成されている。切替部 31 は、ユーザ操作力及び推定操作力のうち何れを変換するかを示す選択信号に基づいて、ユーザ操作力又は推定操作力を変換部 32 へ出力するように構成されている。選択信号は、ユーザがユーザインタフェース部 20 を適宜操作することにより、ユーザインタフェース部 20 から動作切替部 30 に出力される。

20

【0034】

これにより、ユーザがロボット 10 を動作させる状態（手動運転）と、ロボットシステム 1 がロボット 10 に自律的に作業を行わせる状態（自律運転）と、を切り替えることができる。手動運転の場合、ロボット 10 は、操作部 21 が出力したユーザ操作力に基づいて動作する。自律運転の場合、ロボット 10 は、A I 部 40 が出力した推定操作力に基づいて動作する。

30

【0035】

ユーザ操作力及び推定操作力のうち何れに基づいてロボット 10 を動作させるかの選択は、操作部 21 の操作を検出する上述のセンサの検出値に基づいて、ユーザが操作部 21 を操作しているかに応じて自動的に行われても良い。即ち、ユーザが操作部 21 を実質的に操作しているときは、切替部 31 がユーザ操作力を変換部 32 に出力し、そうでないときは、切替部 31 は推定操作力を変換部 32 に出力する。

【0036】

変換部 32 は、切替部 31 から入力されたユーザ操作力又は推定操作力の何れかを、ロボット 10 を動作させるための動作指令に変換して、ロボット 10 及び A I 部 40 に出力する。動作指令は、ロボット 10 を制御するための制御データと言い換えることもできる。

40

【0037】

A I 部 40 は、ロボット 10 の自律動作により一連の作業を行わせるために構築された学習済モデル 43 を備える。A I 部 40 で用いられる学習済モデル 43 の形式は任意であり、例えば、ニューラルネットワークを用いたモデルを用いることができる。学習済モデル 43 の構築（特に、最初の構築）は、ロボット制御装置 15 において行われても良いし、他のコンピュータで行われても良い。

【0038】

データ入力部 41 は、A I 部 40 の入力側のインタフェースとして機能する。データ入力部 41 には、状態検出センサ 11～13 から出力されるセンサ情報が入力される。

【0039】

50

推定データ出力部 42 は、A I 部 40 の出力側のインタフェースとして機能する。推定データ出力部 42 は、A I 部 40 が機械学習により構築したモデルに基づくデータを出力することができる。

【0040】

本実施形態では、A I 部 40 は、ユーザが操作部 21 によって行うロボット 10 の操作を学習して、学習済モデル 43 を構築する。具体的には、A I 部 40 には、状態検出センサ 11 ~ 13 から入力されるセンサ情報と、操作力検出センサにより得られた操作力と、が入力される。この操作力は、上記のユーザ操作力に相当する。

【0041】

ユーザは、例えば、部材の開口部にワークを挿入する一連の作業をロボット 10 に実行させるために用いる学習済モデル 43 を、A I 部 40 に構築させることができる。

【0042】

具体的には、ユーザが操作部 21 を操作して、例えば下記に示すようにロボット 10 を動作させる。即ち、ロボット 10 にワークを引き抜かせる（引抜き動作）。続いて、当該ワークを部材の上方の位置まで搬送させる（搬送動作）。次に、当該ワークを部材の開口部に挿入させる（挿入動作）。

【0043】

ワークの挿入動作に着目して説明すると、その動作の詳細は以下のとおりである。即ち、（１）部材の上方に位置するワークを下方に移動させ（つまり、ワークを下に降ろして）、部材の面にワークを接触させる。（２）部材の面にワークを軽く押し付けつつ、部材の面に沿わせるようにして開口部の位置までワークを移動させ、開口部の内側にワークを位置させる。（３）開口部の内側にワークを位置させた状態で、ワークを下降させる。

【0044】

以下の説明では、ロボット 10 及びその周辺の状態と、それに応じてユーザが操作部 21 を操作することにより得られるユーザ操作力と、を総合したものを、ロボット 10 の局面と呼ぶことがある。

【0045】

A I 部 40 で用いられる学習済モデル 43 は、多次元空間のマップにより構成される。学習フェーズにおいて、A I 部 40 には、センサ情報及びユーザ操作力を総合して得られるロボット 10 の局面のデータ（局面データ）が入力される。この局面データの集合が、機械学習の対象である作業データに相当する。

【0046】

図 2 には、ユーザがロボット 10 を操作して一連の作業を行う場合に、学習のための局面データが取得される様子が示されている。局面データは、時間的に等しい間隔又は不等間隔で、反復して取得される。各回の局面データは、状態センサの出力値と、操作力検出センサの出力値と、から構成される。状態センサの出力値は、1 回の局面データの中でも、細かい時間間隔をあけて複数回取得される。一方、操作力検出センサの出力値は、1 回の局面データにつき 1 回取得される。

【0047】

局面データは、一連の作業を行う過程で上述のように反復して取得され、A I 部 40 に順次入力される。局面データは、ユーザがロボット 10 を操作して一連の作業を行う過程で、様々に変化する。

【0048】

ユーザは、操作部 21 の操作を繰り返して、同一の一連の作業を反復してロボット 10 に行わせることが好ましい。A I 部 40 は、次々に得られる局面データに相当する特徴ベクトルを、学習済モデル 43 の多次元空間にプロットする。

【0049】

学習対象の全ての局面データが A I 部 40 に入力された後、学習済モデル 43 の多次元空間にプロットされた特徴ベクトル（局面データ）を対象としてクラスタリングが行われる。クラスタリングとは、多数のデータから分布の法則を学習して、互いに特徴が似てい

10

20

30

40

50

るデータのまとまりである複数のクラスタを取得する手法である。クラスタリングの方法としては、公知の非階層クラスタリング手法を適宜用いることができる。この結果、互いに類似した局面をまとめた複数のクラスタが得られる。クラスタリングにおけるクラスタ数は、適宜定めることができる。

【0050】

クラスタリングの結果、A I部40が構築した学習済モデル43は、図4に模式的に示すように、多次元空間における複数のクラスタの分布として得られる。このクラスタは、一連の動作をロボット10が行う上で経由する特徴的な局面に対応している。

【0051】

学習済モデル43においては、各クラスタの時系列順が求められる。ロボット10の一連の作業は局面データを時系列順に並べたものとして表現することができるので、この順番の情報を用いて、各クラスタの時系列順を求めることができる。

【0052】

A I部40は、続いて、それぞれのクラスタにおいて、当該クラスタを代表する局面データを計算により求める。以下、この代表となる局面データをノードと呼ぶことがある。ノードの求め方は様々であるが、例えば、それぞれのクラスタの重心に相当する局面データとすることができる。

【0053】

次に、A I部40からの推定出力について説明する。

【0054】

推定フェーズにおいては、ある時点におけるセンサ情報が学習済モデル43に入力される。A I部40にセンサ情報が与えられると、学習済モデル43は、当該センサ情報に類似する特徴を有する1又は複数のノードを求める。センサ情報には操作力検出センサの検出値が含まれていないので、センサ情報とノードの類似度を計算するとき、操作力検出センサの検出値に関する次元は無視される。類似度は、公知の計算式（例えば、ユークリッド距離）により求めることができる。

【0055】

センサ情報に近い特徴を有するノードが求められると、学習済モデル43は、当該ノードの局面データに含まれているユーザ操作力（言い換えれば、操作力検出センサの検出値）を求める。センサ情報に類似するノードが複数検出された場合は、複数のノードのユーザ操作力が適宜合成される。学習済モデル43は、得られたユーザ操作力を、上述の推定操作力として出力する。この推定操作力を用いることにより、ロボット10の自律動作を実現することができる。

【0056】

この推定出力にあたって、A I部40は、クラスタの時系列順の情報に基づいて、出力するユーザ操作力が、一連の作業のうちどの進捗度合いに相当するかを示す進行度を出力することができる。本実施形態では、進行度は0から100までの範囲の値をとり、100に近い程、一連の作業が進行していることを示す。進行度の値は、各クラスタが示す動作の順番に従って段階的かつ累積的に増加するように、予め定められる。

【0057】

次に、ベース学習済モデル44について詳細に説明する。

【0058】

本実施形態のA I部40では、上述した学習済モデル43とは異なるベース学習済モデル44が別途に構築されている。ベース学習済モデル44は、学習済モデル43に含まれる代表的な基本動作（例えば、引抜き動作、搬送動作、挿入動作等）のそれぞれに対応して、複数備えられている。

【0059】

それぞれのベース学習済モデル44は、学習済モデル43と全く同じ形式の多次元空間のマップとして構成されている。ベース学習済モデル44と学習済モデル43とは、学習するデータが異なるだけである。

10

20

30

40

50

【0060】

ベース学習済モデル44は、学習済モデル43の場合よりも単純な動作をロボット10に行わせるように操作部21が操作され、これに基づいて学習が行われる。ベース学習済モデル44は、動作毎に構築される。引抜き動作のベース学習済モデル44は引抜き動作だけを学習し、搬送動作のベース学習済モデル44は搬送動作だけを学習し、挿入動作のベース学習済モデル44は挿入動作だけを学習する。

【0061】

例えば引抜き動作のベース学習済モデル44について考えると、学習フェーズでは、ユーザがロボット10に引抜き動作を行わせるために操作部21を操作し、この時に取得される局面データが、AI部40に入力される。AI部40は、次々に得られる局面データに相当する特徴ベクトルを、ベース学習済モデル44の多次元空間にプロットする。その後、ベース学習済モデル44の多次元空間にプロットされた局面データを対象として、クラスタリングが行われる。この結果、ベース学習済モデル44は、図5の左下に模式的に示すように、多次元空間における複数のクラスタの分布として得られる。

【0062】

各ベース学習済モデル44の学習フェーズで操作部21を操作する人間と、学習済モデル43の学習フェーズで操作部21を操作する人間とが、別であっても良い。各ベース学習済モデル44の構築は、学習済モデル43が構築されるコンピュータとは別のコンピュータにおいて行われても良い。

【0063】

動作ラベル記憶部50は、ベース学習済モデル44が学習した動作の内容を特定する情報を、ベース学習済モデル44に対応付けて記憶する。動作の内容を特定する情報は、典型的には、動作の名前の文字列である。例えば、引抜き動作のベース学習済モデル44に「引抜き」という名前を付けることが考えられる。名前は、ベース学習済モデル44が構築されるときに適宜設定される。以下、この名前を動作ラベルと呼ぶことがある。

【0064】

ベース学習済モデル組合せ情報取得部60は、学習済モデル43を複数のベース学習済モデル44の組合せで表現する場合の組合せ情報を取得する。

【0065】

具体的に説明すると、ベース学習済モデル組合せ情報取得部60は、まず、複数のベース学習済モデル44のそれぞれを学習済モデル43と比較し、ベース学習済モデル44が学習済モデル43の一部と類似しているかどうかを判定する。この判定は、多次元空間におけるそれぞれのクラスタの形状／位置が類似しているか否かに基づいて行うことができる。例えば、ベース学習済モデル44の1つのクラスタに着目し、当該クラスタの重心位置と最も近い重心位置を有する学習済モデル43のクラスタを求め、2つのクラスタの重心間の距離を求める。ベース学習済モデル44の全てのクラスタについて上記の処理を行い、クラスタ重心間の距離の平均値が所定値より小さければ、クラスタの分布が似ていると判断することができる。

【0066】

ベース学習済モデル組合せ情報取得部60は、上記の判定結果に基づいて、組合せ情報を取得する。組合せ情報は、学習済モデル43がどのようなベース学習済モデル44の組合せで表現することができるかについて示す情報である。

【0067】

例えば図5の例において、学習済モデル43の多次元空間におけるクラスタの分布の一部が、引抜き動作のベース学習済モデル44のクラスタの分布と似ており、残りの一部が、搬送動作のベース学習済モデル44のクラスタの分布と似ていたとする。この場合、学習済モデル43は、引抜き動作のベース学習済モデル44、及び、搬送動作のベース学習済モデル44の組合せで表現できる余地があるといえることができる。このように、ベース学習済モデル44との比較により、学習済モデル43が学習した動作を分解して把握することができる。

【0068】

学習済モデル43及びベース学習済モデル44のそれぞれが構築されときの局面データは、何れも、公知の方法で正規化されている。これにより、学習済モデル43とベース学習済モデル44の比較を容易に行うことができる。

【0069】

上述したとおり、学習済モデル43においては、各クラスタの時系列順が求められている。従って、この時系列順の情報に、当該クラスタとそれぞれのベース学習済モデル44におけるクラスタとの対応関係を当てはめることで、組合せに係るベース学習済モデル44の時系列的な先後関係を得ることができる。これは、ロボット10の動作の時系列順序を考慮した組合せ情報を取得できることを意味する。時系列的な先後関係は、上述の進行度を用いて表現しても良い。

10

【0070】

組合せ情報を取得するためのモデルの比較は、以下のようにして行うこともできる。即ち、学習済モデル43がロボット10に一連の作業を行わせるときに、状態検出センサ11～13を用いて、時系列でのセンサ情報を取得しておく。ベース学習済モデル組合せ情報取得部60は、このセンサ情報を、図6に示すように、学習済モデル43と、それぞれのベース学習済モデル44と、に入力する。学習済モデル43及びベース学習済モデル44は一連の推定操作力をそれぞれ出力するが、ベース学習済モデル組合せ情報取得部60は、この推定出力同士を比較することで、学習済モデル43とベース学習済モデル44とが類似している時系列的な区間があるか否かを判断する。以上により、ロボット10の動作の時系列順序を考慮した組合せ情報が得られる。

20

【0071】

なお、上述の時系列でのセンサ情報を入力した場合に、学習済モデル43及びベース学習済モデル44のそれぞれが推定操作力を出力するときに用いたクラスタ（以下、使用クラスタという。）を求め、この使用クラスタ同士が類似しているか否かの判断が併せて行われても良い。使用クラスタは、図4で説明した推定フェーズにおいて、入力されるセンサ情報に近いノードが属するクラスタを意味する。これにより、モデルの比較をより適切に行うことができる。

【0072】

組合せ情報を取得した後、ロボット制御装置15は、学習済モデル43を表現するベース学習済モデル44のそれぞれに対応する動作ラベルを、ユーザインタフェース部20の表示部22に表示することができる。

30

【0073】

上述のとおり、ベース学習済モデル組合せ情報取得部60は、ロボット10の動作の時系列順序を考慮した組合せ情報を取得する。これを利用して、ロボット制御装置15は図7の上側に示すように、例えばロボット10の動作順で上から下となるように動作ラベルを並べて表示部22に表示することができる。この表示を見ることで、ユーザは、学習済モデル43が学習した動作がどのような組合せであるか（動作の時系列順序も含む）について、容易に理解することができる。

【0074】

本実施形態では、図7の上側に示すように、各動作ラベルを繋ぐように下向きの矢印が表示され、作業フロー図のような表示が実現されている。これにより、ユーザは動作の順序を直感的に理解することができる。

40

【0075】

なお、ベース学習済モデル44が表現する動作が、更に細かい動作の組合せとして分解できる場合もある。この分解は、当該細かい動作を学習することにより構築された学習済モデル（サブベース学習済モデル）をデータ入力部41が備えることで、実現することができる。例えば、「挿入」のベース学習済モデル44が学習している動作を、上述の（1）～（3）で説明した細かい動作に従って、「下に降ろす」という動作と、「押付け探索」という動作と、「穴内下降」という動作と、に更に分解できたとする。この場合、ロボ

50

ット制御装置 15 は、図 7 の上側等 to 示すように、当該動作に対応するサブベース学習済モデルの動作ラベルを表示部 22 に表示することができる。これにより、ユーザは、学習済モデル 43 が学習した動作を階層的に分解して把握することができる。

【0076】

次に、確信度について説明する。確信度は、ロボット 10 の動作が確からしいかどうか（言い換えれば、学習済モデル 43 が推定する出力が確からしいかどうか）について評価するために用いるパラメータである。

【0077】

AI 部 40 の学習済モデル 43 は、ロボット 10 及びその周辺の状態と、その時に行われたユーザの操作によるユーザ操作力と、の対応関係を予め学習している。言い換えれば、学習済モデル 43 は、既知の多数の状態から獲得した法則に基づいて動作する。機械学習モデルが本来有する汎化能力により、未知の状況に対しても、学習済モデル 43 が適切な推定操作力を出力することが期待される。しかし、人間が今までの過去の経験から予測が難しいような全く新規の状況におかれたときに、確信をもって行動しにくいと同様に、学習済モデル 43 の立場に立てば、今までに学習した既知の状態から遠い状態である程、推定結果に対する確信を持ちにくいといふことができる。確信度は、この意味で、推定の確からしさを示すものである。

【0078】

本実施形態において、学習済モデル 43 の推定フェーズでは、学習済モデル 43 にセンサ情報が入力される。このセンサ情報が、複数のクラスタのノードのうち何れかに類似していれば、当該状態は過去に経験した状態に似ているから、推定が確からしくなると考えられる。この考え方に基づいて、確信度は、学習済モデル 43 に入力されるセンサ情報に対して最も類似するノードを求め、当該ノードに対するセンサ情報の類似度を用いて計算することができる。

【0079】

図 7 の下側に示すように、ロボット制御装置 15 は、ロボット 10 の動作と、確信度と、の関係を表示部 22 に表示させることができる。図 7 の例では、横軸を作業順とし、縦軸を確信度の値とするグラフが表示部 22 に表示されている。

【0080】

ユーザは、作業フローでの各動作の確信度に着目して、学習が不十分である動作（言い換えれば、確信度の値が低い修正すべき動作）を容易に確認することができる。

【0081】

ロボット制御装置 15 は、確信度の値が所定値以上である動作を示す動作ラベルと、確信度の値が所定値未満である動作を示す動作ラベルと、を異なる表示態様で表示させても良い。例えば、確信度が低い動作ラベルについて、色を異ならせたり、マークを付けたりすることで、他よりも目立つように強調して表示することが考えられる。

【0082】

図 7 の下側のグラフでは、「押付け探索」という動作について確信度が十分でないことが、通常とは違う色で動作ラベルを表示することによって示されている。なお、図面の都合上、色の違いはハッチングで表現されている。これにより、ユーザは、学習が不十分である動作を一層容易に確認することができる。

【0083】

得られた確信度に対応する動作ラベルは、以下のようにして取得することができる。即ち、ロボット制御装置 15 は、確信度を取得するときに学習済モデル 43 に入力された時系列でのセンサ情報を、当該学習済モデル 43 の動作を分解した動作に係るベース学習済モデル 44 に対してもそれぞれ入力する。学習済モデル 43 及びベース学習済モデル 44 はそれぞれ推定操作力を出力するが、ロボット制御装置 15 は、一連の推定出力が互いに類似している時系列的な区間を求める。この対応関係に基づいて、1 つの動作ラベルに対応する確信度の区間（言い換えれば、動作の時系列的な位置）を求めることができる。

【0084】

10

20

30

40

50

本実施形態では、表示部 22 に表示される動作ラベルをユーザが選択して所定の操作を行うことによって、学習済モデル 43 の学習内容から、選択された動作ラベルに対応する動作を削除することができる。動作ラベルを選択することは、動作の時系列的位置を指示することと実質的に同じである。学習内容の削除は、学習済モデル 43 において形成されているクラスタのうち、選択された動作ラベルに対応するベース学習済モデル 44 のクラスタに相当する部分を削除することで実現することができる。

【0085】

ユーザは、確信度の値が低い動作を削除した上で、新たな局面データ（追加作業データとしての追加局面データ）を用いて、学習が不十分である動作を修正することができる。これは、学習済モデル 43 の学習内容のうち、一部の動作に相当する学習内容を置換することに相当する。このように、ユーザは、表示部 22 に表示される動作ラベルに着目して、学習済モデル 43 のうちで作業フローの対応位置を指定して修正作業を行うことができるので、フィルム映像の編集のような感覚で、修正作業を効率的に行うことができる。

10

【0086】

なお、修正に用いる局面データは、修正する動作に関するデータを含んでいれば十分であり、一連の作業のうち一部に相当するものでも良い。従って、再学習のためのデータ収集の手間を大幅に軽減することができる。

【0087】

このように、本実施形態のロボット制御装置 15 は、学習済モデル 43 の学習内容を動作ラベル単位で編集することができる。この結果、直感的で分かり易い操作が可能になっている。

20

【0088】

ところで、構築された学習済モデル 43 の出力を確認するために、評価用の一連の局面データが AI 部 40 に入力されることがある。このとき、ロボット制御装置 15 が表示部 22 に、現在の局面データから推定される動作に対応する進行度を表示するとともに、当該動作に対応する動作ラベルを他と異なる表示態様で表示しても良い。この場合、仮に学習済モデル 43 の学習が不十分であるときに、どの動作の部分で問題が生じているかをユーザは表示部 22 を見て容易に把握することができる。

【0089】

本実施形態では、ユーザは、ロボット 10 をリアルタイムで操作して局面データを生成し、学習済モデル 43 を構築させ、構築した学習済モデル 43 に基づくロボット 10 の動作の組合せを表示部 22 に表示させることができる。従って、ユーザは、ロボット 10 を操作した際の操作感覚が残っているうちに、学習済モデル 43 が表現する動作の組合せがユーザの意図通りになっているかどうかについて確認することができる。従って、ユーザは、どのような動作が学習されたのかについて、その場で容易に把握することができる。また、ロボット 10 を操作した感覚が新鮮なうちに、ユーザは当該感覚を活かして、学習済モデル 43 の修正作業を必要に応じて機動的に行うことができる。

30

【0090】

次に、学習済モデル 43 に追加学習を行わせるときに有用なパラメータである一致度について説明する。

40

【0091】

一致度は、未学習の局面データが学習済モデル 43 に入力された場合に、当該学習済モデル 43 が出力する出力データと、未学習の局面データに含まれる出力データと、の一致の度合いについて評価するためのパラメータである。この一致度は、ロボット制御装置 15 が備えるデータ比較部 70 が比較処理を行うことによって取得される。

【0092】

ロボット制御装置 15 は、一致度を、ロボット 10 の動作の時系列との関係で表示部 22 に表示することができる。例えば、横軸を作業順とし、縦軸を一致度の値とするグラフを、表示部 22 に表示することが考えられる。ユーザは、表示される一致度を見ることで、学習済モデル 43 のどの動作が未学習の局面データと一致しており、どの動作が一致し

50

ていないかを、容易に理解することができる。従って、ユーザは、例えば、上述の追加局面データを学習済モデル４３に追加学習させることが適切かどうかを事前に予測することができ、便利である。

【００９３】

以上に説明したように、本実施形態のロボット制御装置１５は、学習済モデル４３と、動作切替部３０と、ベース学習済モデル４４と、動作ラベル記憶部５０と、ベース学習済モデル組合せ情報取得部６０と、表示部２２と、を備える。学習済モデル４３は、人間がロボット１０を操作して一連の作業を行わせる場合の、当該ロボット１０及びその周辺の状態を入力データとし、それに応じた人間の操作を出力データとする作業データを学習することにより構築されている。動作切替部３０は、ロボット１０及びその周辺の状態に関する入力データが学習済モデル４３に入力された場合に、それに応じて推定される人間の操作に関する出力データを学習済モデル４３から得ることにより、前記作業を行わせるためのロボット１０の制御データを得る。ベース学習済モデル４４は、人間がロボット１０を操作して前記一連の作業よりも単純な動作を行わせる場合の、当該ロボット１０及びその周辺の状態を入力データとし、それに応じた人間の操作又は当該操作による当該ロボット１０の動作を出力データとする作業データを学習することにより、複数の前記動作毎に構築されている。動作ラベル記憶部５０は、前記動作の内容を表現する情報を含む動作ラベルを、ベース学習済モデル４４に対応付けて記憶する。ベース学習済モデル組合せ情報取得部６０は、学習済モデル４３とそれぞれのベース学習済モデル４４との間の類似性に基づいて、学習済モデル４３を複数のベース学習済モデル４４の組合せで表現する場合の組合せ情報を取得する。表示部２２は、前記組合せ情報に基づいて、複数の組合せによって学習済モデル４３を表現するベース学習済モデル４４のそれぞれに対応する動作ラベルを表示する。

【００９４】

これにより、一連の作業を学習済モデル４３に学習させた場合に、ユーザは、当該作業がどのような動作の組合せとして学習されていると言えるかを、表示された動作ラベルに基づいて容易に把握することができる。従って、学習済モデル４３の透明性が高まり、ユーザは納得感を持って学習済モデル４３をロボット制御に用いることができる。

【００９５】

また、本実施形態のロボット制御装置１５において、ベース学習済モデル組合せ情報取得部６０は、学習済モデル４３を複数のベース学習済モデル４４の組合せで表現する場合の、複数のベース学習済モデル４４の時系列での関係を取得する。表示部２２は、複数のベース学習済モデル４４の時系列での関係を、前記動作ラベルを用いて表示する。

【００９６】

これにより、ユーザは、動作の時間的順序の関係を容易に理解することができる。

【００９７】

また、本実施形態のロボット制御装置１５において、学習済モデル４３は、前記入力データが当該学習済モデル４３に入力された場合に、それに応じて出力される前記出力データが、前記一連の作業のうちどの進捗度合いに相当するかを示す進行度を出力可能である。ベース学習済モデル組合せ情報取得部６０は、前記進行度に基づいて、複数のベース学習済モデル４４の時系列での関係を取得可能である。

【００９８】

これにより、動作の時間的順序を分かり易い形で取り扱うことができる。

【００９９】

また、本実施形態のロボット制御装置１５において、学習済モデル４３及びベース学習済モデル４４は、学習対象の作業データを特徴に応じてクラスタリング可能である。ベース学習済モデル組合せ情報取得部６０は、学習済モデル４３におけるクラスタリングの結果と、ベース学習済モデル４４におけるクラスタリングの結果と、を比較することにより、学習済モデル４３とそれぞれのベース学習済モデル４４との間の類似性を判断する。

【０１００】

これにより、学習済モデル４３とベース学習済モデル４４とを適切に比較することができる。

【０１０１】

また、本実施形態のロボット制御装置１５は、データ比較部７０を備える。データ比較部７０は、未学習の局面データのうち、ロボット１０及びその周辺の状態のデータが学習済モデル４３に入力された場合に、当該学習済モデル４３が出力する推定操作力と、未学習の前記局面データに含まれるユーザ操作力と、を比較して一致度を取得する。表示部２２は、前記一致度を、ロボット１０の動作の時系列との関係で表示する。

【０１０２】

これにより、ユーザは、学習済モデル４３のどの動作が未学習の局面データと一致しており、どの動作が一致していないかを、容易に理解することができる。

10

【０１０３】

また、本実施形態のロボット制御装置１５において、未学習の前記局面データは、前記一連の作業のうち少なくとも一部を行わせるためにロボット１０を人間が操作することでリアルタイムに生成される局面データとすることができる。

【０１０４】

この場合、学習済モデル４３の出力を、人間の操作とその場で照らし合わせて確認することができる。従って、人間が操作した感覚が残っている間に、学習済モデル４３の動作と比較することができるので、検討作業を直感的に行うことができる。

【０１０５】

また、本実施形態のロボット制御装置１５において、学習済モデル４３は、一連の前記作業のうち一部の動作の時系列的位置を指定することで、当該学習済モデル４３において当該動作に相当する部分を削除可能である。

20

【０１０６】

これにより、学習済モデル４３を、一連の作業の一部を構成する動作毎に柔軟に編集することができる。

【０１０７】

また、本実施形態のロボット制御装置１５において、学習済モデル４３は、前記入力データの入力に応じて学習済モデル４３が前記出力データを出力する場合の、推定の確からしさを取得する確信度を出力可能である。表示部２２は、動作ラベルとともに、前記確信度を表示する。

30

【０１０８】

これにより、入力データが示す状態を学習済モデルが想定しているか否かを、ユーザが容易に理解することができる。

【０１０９】

また、本実施形態では、以下の制御データ取得工程と、動作ラベル記憶工程と、ベース学習済モデル組合せ情報取得工程と、情報表示工程と、を含むロボット制御方法によって、ロボットの制御が行われている。制御データ取得工程では、ロボット１０及びその周辺の状態に関する入力データが学習済モデル４３に入力された場合に、それに応じて推定される人間の操作に関する出力データを学習済モデル４３から得ることにより、前記作業を行わせるためのロボット１０の制御データを得る。動作ラベル記憶工程では、前記動作の内容を表現する情報を含む動作ラベルを、ベース学習済モデル４４に対応付けて記憶する。ベース学習済モデル組合せ情報取得工程では、学習済モデル４３とそれぞれのベース学習済モデル４４との間の類似度を取得することにより、学習済モデル４３を複数のベース学習済モデル４４の組合せで表現する場合の組合せ情報を取得する。情報表示工程では、前記組合せ情報に基づいて、複数の組合せによって学習済モデル４３を表現するベース学習済モデル４４のそれぞれに対応する前記動作ラベルを表示する。

40

【０１１０】

これにより、一連の作業を学習済モデル４３に学習させた場合に、ユーザは、当該作業がどのような動作の組合せとして学習されていると言えるかを、表示された動作ラベルに

50

基づいて容易に把握することができる。従って、学習済モデル 43 の透明性が高まり、ユーザは納得感を持って学習済モデル 43 をロボット制御に用いることができる。

【0111】

以上に本発明の好適な実施の形態を説明したが、上記の構成は例えば以下のように変更することができる。

【0112】

学習済モデル 43 は、センサ情報と、ユーザ操作力と、の関係を学習するのに代えて、センサ情報と、ロボット 10 への動作指令と、の関係を学習するように構成しても良い。

【0113】

動作ラベルは、作業フロー図のような図形を用いた表示に限定されず、例えば表形式で表示されても良い。また、動作ラベルの文字列を単に並べて表示しても良い。

10

【0114】

動作ラベルは、時系列の情報に従った順番で表示されることに代えて、順不同の形で表示することもできる。

【0115】

動作ラベルは、動作の内容を特定可能な目印であれば良い。動作ラベルは、「引抜き」等のような文字列とすることに代えて、例えばアイコン等の画像とすることもできる。

【0116】

ロボット制御装置 15 は、情報出力部として、表示部 22 に代えて又は加えて音声出力部を備えても良い。そして、ロボット制御装置 15 は、音声出力に基づいて、動作ラベルを出力しても良い。例えば、ロボット制御装置 15 は、音声合成機能によって動作ラベルを読み上げても良い。また、ロボット制御装置 15 は、動作ラベルを読み上げる際に、確信度の値や一致度の値を読み上げても良い。

20

【0117】

学習済モデル 43 の学習内容の編集は、動作ラベル毎に行うことに代えて、時系列を直接指定して編集しても良い。例えば、図 7 の下側に示すグラフの横軸のうち一部を指定して、その部分の動作を削除／修正することが考えられる。

【0118】

ロボット制御装置 15 は、強化学習に基づいて、ロボット 10 の動作を修正しても良い。

【0119】

ロボット 10 及びその周辺の状態を取得するためのセンサ（状態センサ）として、動作センサ 11、力センサ 12 及びカメラ 13 以外のセンサが用いられても良い。

30

【0120】

操作部 21 に、操作力検出センサに代えて、又はそれに加えて、操作位置検出センサを設けても良い。操作位置検出センサも操作力検出センサと同様に、人間の操作を検出するものであるということができる。

【0121】

操作部 21 が遠隔操作に用いるマスターアームであり、かつ、ロボット 10 がスレーブアームであるロボットシステム 1 であっても良い。この場合、AI 部 40 は、ユーザによるマスターアームの操作に基づいて学習した学習済モデル 43 及びベース学習済モデル 44 を構築することができる。

40

【符号の説明】

【0122】

1 ロボットシステム

10 ロボット

11 動作センサ

12 力センサ

13 カメラ

15 ロボット制御装置

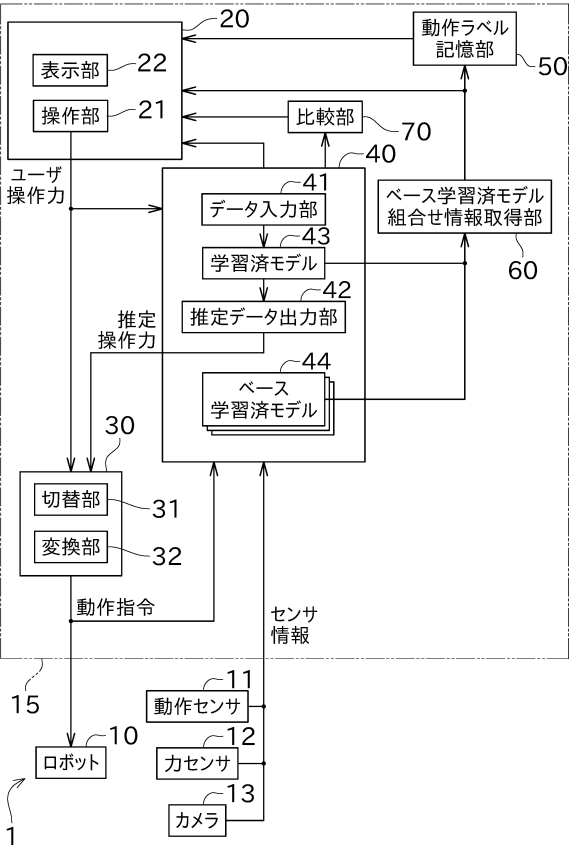
22 表示部（情報出力部）

50

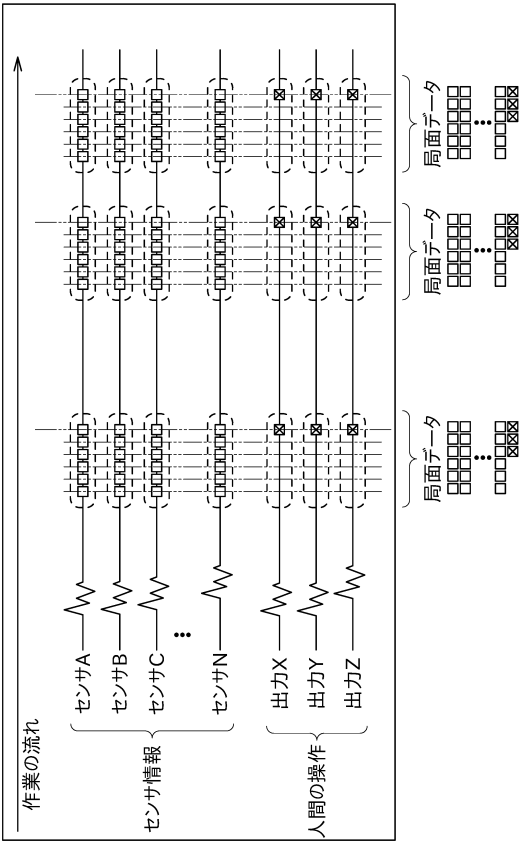
- 30 動作切替部（制御データ取得部）
- 43 学習済モデル
- 44 ベース学習済モデル
- 50 動作ラベル記憶部
- 60 ベース学習済モデル組合せ情報取得部
- 70 データ比較部（比較部）

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

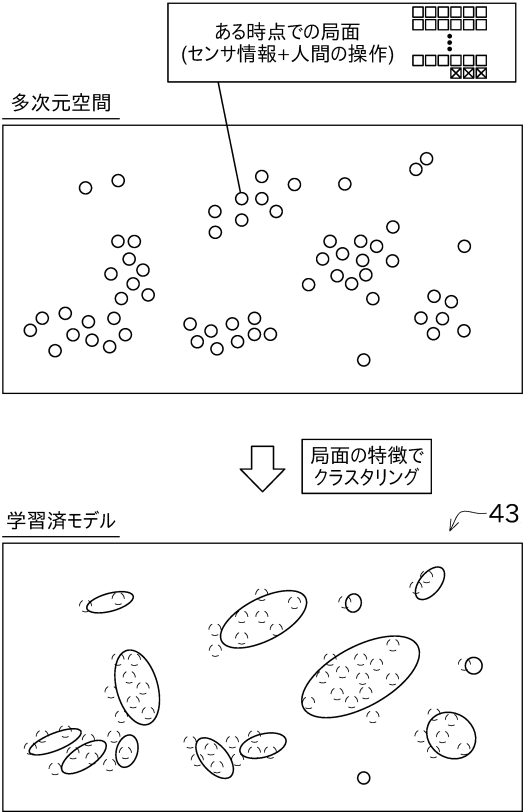
20

30

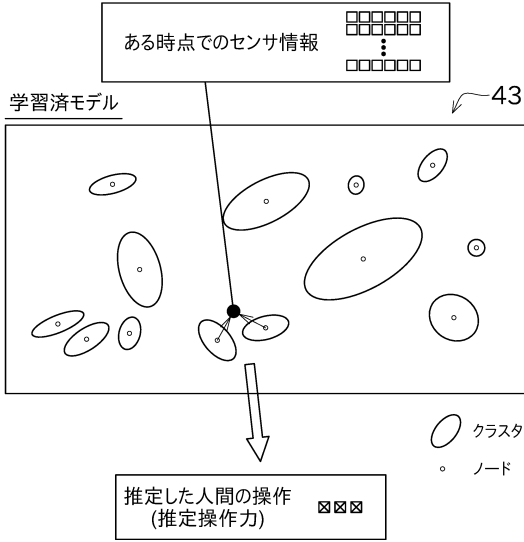
40

50

【図 3】



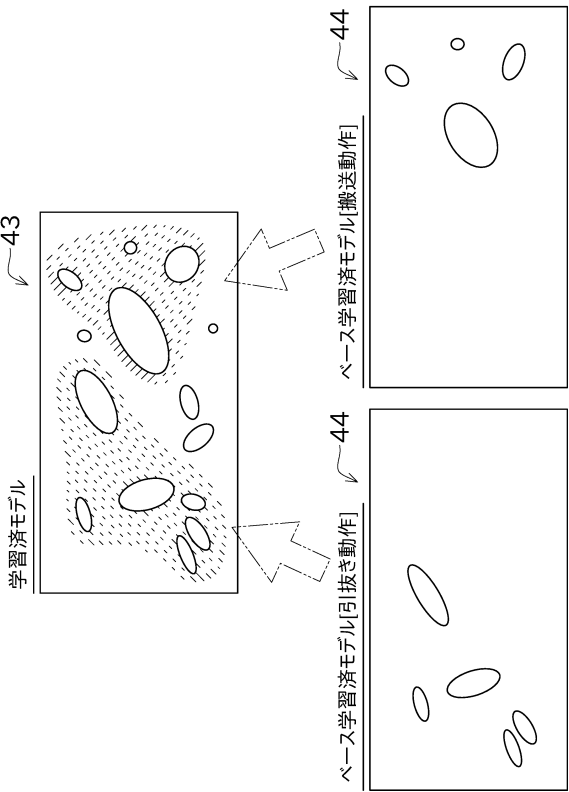
【図 4】



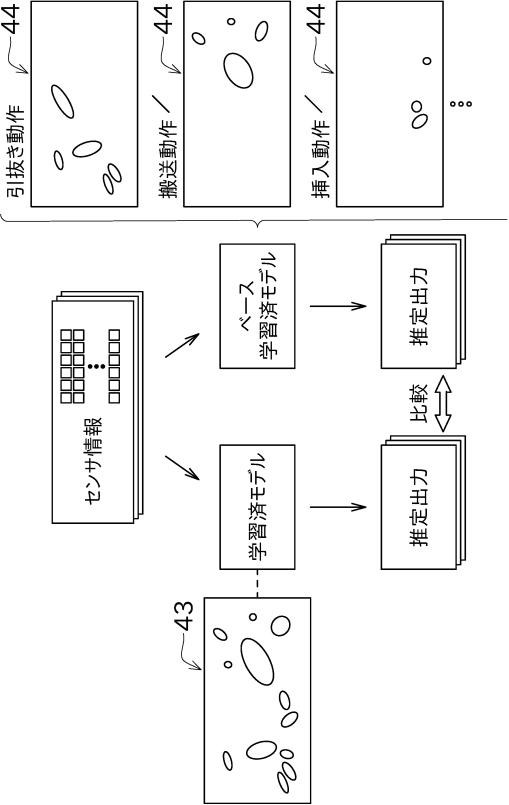
10

20

【図 5】



【図 6】

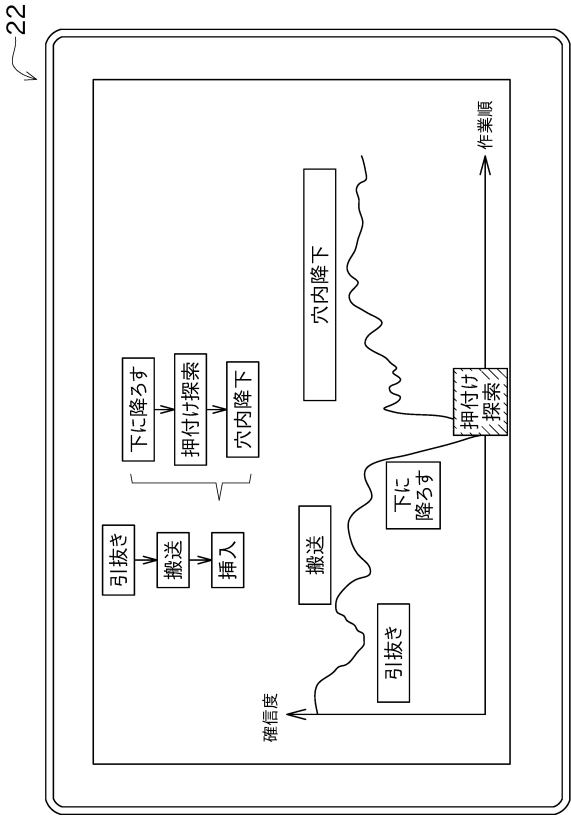


30

40

50

【図 7】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

審査官 木原 裕二

- (56)参考文献 米国特許第 9 9 1 9 4 2 7 (U S , B 1)
国際公開第 2 0 1 8 / 2 2 5 8 6 2 (W O , A 1)
特開 2 0 1 6 - 9 7 2 2 8 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)
B 2 5 J 1 3 / 0 0