

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2019年9月19日(19.09.2019)



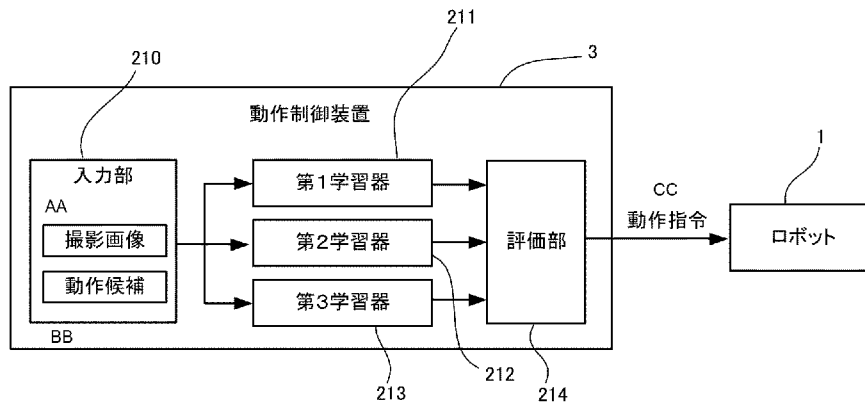
(10) 国際公開番号

WO 2019/176478 A1

- (51) 国際特許分類:
B25J 13/08 (2006.01) *G06N 20/00* (2019.01)
B25J 13/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/006183
- (22) 国際出願日: 2019年2月20日(20.02.2019)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2018-047704 2018年3月15日(15.03.2018) JP
- (71) 出願人: オムロン株式会社 (**OMRON CORPORATION**) [JP/JP]; 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 柴田 義也 (**SHIBATA, Yoshiya**); 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 立花 顕治, 外 (**TACHIBANA, Kenji et al.**); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島6-2-40 中之島インテス21階 Osaka (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

(54) Title: OPERATION CONTROL DEVICE FOR ROBOT

(54) 発明の名称: ロボットの動作制御装置



1 Robot
3 Operation control device
210 Input unit
211 First learning device
212 Second learning device
213 Third learning device
214 Evaluation unit
AA Captured image
BB Operation candidate
CC Operation command

(57) Abstract: The present invention is an operation control device for a robot that operates with respect to an object to be processed. The operation control device comprises: an input unit for inputting at least one operation candidate for the robot, and a captured image that includes at least the object to be processed; a first learning device that has finished learning performed according to first learning data in order to output a first evaluation value indicating an evaluation of each operation candidate when the robot performs a first processing operation upon input of the captured image and the at least one operation candidate; a second learning device that has finished learning performed according to second learning

[続葉有]

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

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

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

data which differs from the first learning data, in order to output a second evaluation value indicating an evaluation of each operation candidate when the robot performs a second processing operation upon input of the captured image and the at least one operation candidate; and an evaluation unit that, on the basis of at least one of the first evaluation value and the second evaluation value, calculates a command value for operating the robot.

(57) 要約：本発明は、処理対象物に対するロボットの動作制御装置であって、少なくとも前記処理対象物を撮影した撮影画像及び前記ロボットの少なくとも一つの動作候補が入力される入力部と、前記撮影画像、及び少なくとも一つの前記動作候補を入力とし、前記ロボットが第1の処理動作を行うときの、前記各動作候補の評価を示す第1の評価値を出力するために、第1学習データにより学習された学習済みの第1の学習器と、前記撮影画像及び少なくとも一つの前記動作候補を入力とし、ロボットが第2の処理動作を行うときの、前記各動作候補の評価を示す第2の評価値を出力するために、前記第1学習データとは異なる第2学習データにより、学習された学習済みの第2の学習器と、前記第1の評価値及び前記第2の評価値の少なくとも一方に基づいて、前記ロボットを動作させるための指令値を算出する評価部と、を備えている。

明 細 書

発明の名称：ロボットの動作制御装置

技術分野

[0001] 本発明は、ロボットの動作制御装置、動作制御方法、動作制御プログラム、及び処理装置に関する。

背景技術

[0002] 従来より、ロボットの動作制御の方法として、種々の方法が提案されている。例えば、特許文献1には、ロボットアームにより対象物を把持する制御において、画像データに含まれる対象物の形状モデルに基づいて、ロボットアームの制御を行う制御装置が開示されている。また、この文献には、ロボットアームの制御を行うために、画像データを入力とした把持の成功確率を出力する学習器も開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2017-185578号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ところで、このような学習器を用いてロボットの動作制御を行う場合、制御対象となるロボットの動作を追加するには、学習器を再学習する必要がある。すなわち、新たに追加するロボットの動作に関する学習データを追加した上で、学習器を再学習する必要がある。しかしながら、既存の学習器に対し、学習データを追加して再学習を行うと、学習データが膨大になり、再学習に時間を要するという問題があった。

[0005] なお、このような問題は、ロボットの動作制御に限られる問題ではなく、例えば、学習器により所定の処理に対する出力を行う、処理装置全般に生じる問題である。本発明は、この問題を解決するためになされたものであり、追加の処理を学習させる場合、効率的に学習を行うことができる、ロボッ

トの動作制御装置、動作制御方法、動作制御プログラム、及び処理装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0006] 本開示は、処理対象物に対するロボットの動作制御装置であって、少なくとも前記処理対象物を撮影した撮影画像、及び前記ロボットの少なくとも一つの動作候補が入力される入力部と、前記撮影画像、及び少なくとも一つの前記動作候補を入力とし、前記ロボットが第1の処理動作を行うときの、前記各動作候補の評価を示す第1の評価値を出力するために、第1学習データにより学習された学習済みの第1の学習器と、前記撮影画像及び少なくとも一つの前記動作候補を入力とし、ロボットが第2の処理動作を行うときの、前記各動作候補の評価を示す第2の評価値を出力するために、前記第1学習データとは異なる第2学習データにより、学習された学習済みの第2の学習器と、前記第1の評価値及び前記第2の評価値の少なくとも一方に基づいて、前記ロボットを動作させるための指令値を算出する評価部と、を備えている。
- [0007] この構成によれば、一つの学習器を、すべての処理動作を考慮するように学習させるのではなく、新たな処理動作が付加されたときには、その処理動作のみを考慮した学習器を追加で生成している。すなわち、本発明では、第1の処理動作とは異なる第2の処理動作を行うために、第1の処理動作とは異なる学習データによって、学習された第2学習器を別途生成し、第1及び第2学習器の出力を考慮して、評価部において、動作指令を算出するようにしている。したがって、学習器の学習の負担を低減することができる。
- [0008] なお、処理対象物とはロボットが作業を行うべき部品、被搬送物などの対象であり、処理動作とは、処理対象物に対して、ロボットが行う動作である。例えば、処理対象物の把持、搬送、位置決めなどである。また、動作候補とは、ロボットが処理動作を行うに当たってのロボットが行う動作の候補である。例えば、ロボットハンドの前後進、昇降、回転などの動作である。また、昇降、回転のような動作の種類が異なる動作候補を準備するほか、例え

ば、同じ動作の種類であっても、回転角度が異なる2つの回転動作も、それぞれ動作候補となり得る。

[0009] 上記動作制御装置において、前記第1の評価値は、当該第1の動作候補の成功確率を示す確率値とすることができ、前記第2の評価値は、当該第2の動作候補の成功確率を示す確率値とすることができる。

[0010] 上記動作制御装置において、前記評価部は、前記各評価値が所定値以上の動作候補に基づいて、前記指令値を算出することができる。

[0011] 上記動作制御装置において、前記評価部は、前記第1の評価値及び第2の評価値に対し、前記各処理動作に基づく重み付けを行うことで、前記指令値を算出することができる。

[0012] 上記動作制御装置において、前記第2の評価値は、前記第1の処理動作及び第2の処理動作の少なくとも一方に起因して起こり得る事象の評価値とすることができる。

[0013] 上記動作制御装置において、前記撮影画像、及び少なくとも一つの前記動作候補を入力とし、前記第1の処理動作及び第2の処理動作の少なくとも一方に起因して起こり得る事象を示す第3の評価値を出力するように、前記第1及び第2学習データとは異なる第3学習データにより、学習された学習済みの第3の学習器をさらに備えることができ、前記評価部は、前記第3の評価値も用いて、前記指令値を算出することができる。

[0014] 上記動作制御装置においては、前記撮影画像を入力とし、前記第1の処理動作に適した前記第1の動作候補、及び前記第2の処理動作に適した前記第2の動作候補を出力とする動作候補生成部をさらに備えることができる。

[0015] 上記動作制御装置において、前記第1の処理動作及び前記第2の処理動作の動作候補は、前記ロボットが動作するための移動ベクトルを含むことができる。

[0016] 本開示は、ロボット制御システムであって、処理対象物に対して、処理を行うロボットと、上述したいずれかの動作制御装置と、を備え、前記動作制御装置から算出された指令値により、前記ロボットが動作するように構成さ

れている。

[0017] 本開示は、処理対象物に対するロボットの動作制御方法であって、少なくとも前記処理対象物を撮影した撮影画像、及び前記ロボットの少なくとも一つの動作候補を入力するステップと、前記撮影画像、及び少なくとも一つの前記動作候補を入力とし、前記ロボットが第1の処理動作を行うときの、前記各動作候補の評価を示す第1の評価値を出力するために、第1学習データにより、学習された学習済みの第1の学習器を準備するステップと、前記撮影画像及び少なくとも一つの前記動作候補を入力とし、前記ロボットが第2の処理動作を行うときの、前記各動作候補の評価を示す第2の評価値を出力するために、前記第1学習データとは異なる第2学習データにより、学習された学習済みの第2の学習器を準備するステップと、前記撮影画像及び前記動作候補から、前記第1の学習器によって、前記第1の評価値を出力するステップと、前記撮影画像及び前記動作候補から、前記第2の学習器によって、前記第2の評価値を出力するステップと、前記第1の評価値及び第2の評価値の少なくとも一方に基づいて、前記ロボットを動作させるための指令値を算出するステップと、を備えている。

[0018] 本開示は、処理対象物に対するロボットの動作制御プログラムであって、コンピュータに、少なくとも前記処理対象物を撮影した撮影画像及び前記ロボットの少なくとも一つの動作候補を入力するステップと、前記撮影画像、及び少なくとも一つの前記動作候補を入力とし、前記ロボットが第1の処理動作を行うときの、前記各動作候補の評価を示す第1の評価値を出力するために、第1学習データにより、学習された学習済みの第1の学習器を準備するステップと、前記撮影画像、及び少なくとも一つの前記動作候補を入力とし、前記ロボットが第2の処理動作を行うときの、前記各動作候補の評価を示す第2の評価値を出力するために、前記第1学習データとは異なる第2学習データにより、学習された学習済みの第2の学習器を準備するステップと、前記撮影画像及び前記動作候補から、前記第1の学習器によって、前記第1の評価値を出力するステップと、前記撮影画像及び前記動作候補から、前

記第2の学習器によって、前記第2の評価値を出力するステップと、前記第1の評価値及び第2の評価値の少なくとも一方に基づいて、前記ロボットを動作させるための指令値を算出するステップと、を実行させる。

[0019] 本開示は、制御対象物の制御装置であって、前記制御対象物に関連する環境情報、及び前記制御対象物に対する少なくとも一つの処理候補を入力する入力部と、前記環境情報、及び少なくとも一つの前記処理候補を入力とし、前記制御対象物に対し第1の処理を行うときの、前記各処理候補の評価を示す第1の評価値を出力するために、第1学習データにより、学習された学習済みの第1の学習器と、前記環境情報、及び少なくとも一つの前記処理候補を入力とし、前記制御対象物に対し第2の処理を行うときの、前記各処理候補の評価を示す第2の評価値を出力するために、前記第1学習データとは異なる第2学習データにより、学習された学習済みの第2の学習器と、前記第1の評価値及び前記第2の評価値の少なくとも一方に基づいて、前記制御対象物を制御するための指令値を算出する評価部と、を備えている。

[0020] 本開示は、所定の処理を行う処理装置であって、少なくとも一つの処理候補を入力する入力部と、少なくとも一つの処理候補を入力とし、第1の処理を行うときの、前記各処理候補の評価を示す第1の評価値を出力するために、第1学習データにより、学習された学習済みの第1の学習器と、少なくとも一つの前記処理候補を入力とし、第2の処理を行うときの、前記各処理候補の評価を示す第2の評価値を出力するために、前記第1学習データとは異なる第2学習データにより、学習された学習済みの第2の学習器と、前記第1の評価値及び前記第2の評価値の少なくとも一方に基づいて、前記第1の処理及び前記第2の処理の少なくとも一方の処理候補を決定する評価部と、を備えている。

発明の効果

[0021] 本発明によれば、追加の処理を学習させる場合、効率的に学習を行うことができる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]本発明のロボットの動作制御装置の一実施形態で用いられるロボットの一例を示す概略図である。

[図2]本発明に係る動作制御装置の一実施形態の機能ブロック図である。

[図3]ロボットハンドによる対象部品の把持を示す図である。

[図4]図2の動作制御装置のハードウェア構成を示すブロック図である。

[図5]図2の動作制御装置で用いられるニューラルネットワークの一例を示す図である。

[図6]図2の動作制御装置の学習器の学習の一例を示す図である。

[図7]学習データの一例である。

[図8]学習データの一例である。

[図9]学習器からの出力の例である。

[図10]図2のモータ制御システムにおける学習器の更新の処理手順の一例を例示するフローチャートである。

[図11]本発明に係る制御装置の一実施形態の機能ブロック図である。

[図12]本発明に係る処理装置の一実施形態の機能ブロック図である。

発明を実施するための形態

[0023] 以下、本発明に係るロボットの動作制御装置、動作制御方法、及び動作制御プログラムの一実施形態について、図面を参照しつつ説明する。ただし、以下で説明する本実施形態は、あらゆる点において本発明の例示に過ぎない。本発明の範囲を逸脱することなく種々の改良や変形を行うことができることは言うまでもない。つまり、本発明の実施にあたって、実施形態に応じた具体的構成が適宜採用されてもよい。なお、本実施形態において登場するデータを自然言語により説明しているが、より具体的には、コンピュータが認識可能な疑似言語、コマンド、パラメータ、マシン語等で指定される。

[0024] <1. 適用例>

以下、本実施形態に係るロボットの動作制御装置について図1及び図2を参照しつつ説明する。図1は、本実施形態に係るロボットの概略図、図2は、動作制御装置を含むロボットの制御システムの機能構成を示すブロック図

である。

[0025] この制御システムは、ロボットの動作を制御するシステムであり、ロボットが処理すべき対象物に対し、適切に処理を行うための動作指令を与えるものである。ここでは、図1に示すように、ロボットハンド10を有するロボット1が、複数の部品（処理対象物）5の中の対象部品50を把持するための動作指令を行う場合を例として説明する。

[0026] このような動作指令を行うため、動作制御装置2は、図2に示すように、ロボットハンド10と対象部品50とを撮影した撮影画像と、対象部品50を把持するためにロボットハンド10が動作すべき複数の動作候補と、を入力として、学習器211～213に入力する。すなわち、各学習器211～213には、同じ入力がなされるようになっている。本実施形態では、3つの学習器211～213が設けられているが、ここでは、まず第1学習器211について説明する。

[0027] 第1学習器211は、撮影画像と複数の動作候補とを入力としたとき、各動作候補の対象部品を把持できる成功確率を第1確率値として出力するように学習されている。撮影画像は、ロボットハンド10及び対象部品50を撮影したものであり、現在のロボットハンド10と対象部品50の位置を抽出するためのものである。但し、ロボットハンド10が固定された初期位置に配置される場合には、対象部品50だけを撮影した撮影画像を準備することもできる。

[0028] また、本実施形態では、図1に示すように、動作候補として、ロボットハンド10が対象部品50に向かって移動する移動ベクトル $M_n(x_n, y_n, \theta_n)$ （ n は整数）を用いている。ここで、 x は x 方向の移動量、 y は y 方向の移動量、 θ はロボットハンド10の傾きを表している。このように設定された複数の移動ベクトルを動作候補とし、この動作候補を撮影画像とともに入力することで、第1学習器211は、ロボットハンド10が各動作候補によって対象部品50を把持できる成功確率を第1確率値として出力とする。そして、図2に示すように、動作制御装置2の評価部214では、算

出された第1確率値に基づいて、一の動作候補を選択し、選択された動作候補の移動ベクトルをロボット1に対して動作指令として送信する。

[0029] このとき、評価部214での動作候補の選択は、種々の方法があるが、例えば、最も高い第1確率値を示した動作候補を選択することができる。また、第1確率値が所定値以下である場合には、動作指令を行わず、入力に用いた動作候補とは異なる動作候補を準備した後、第1学習器211で確率値の出力を改めて行うこともできる。

[0030] このような第1学習器211は、ニューラルネットワークなどの機械学習で構成することができる。ところで、この第1学習器211では、ロボットハンド10が対象部品50を把持することを目的として動作候補を選択しているが、さらなる条件を付加してロボットハンド10に対象部品50を把持させることが考えられる。例えば、単に対象部品50を把持するだけではなく、図3に示すように、対象部品50の取り扱いを考慮して、対象部品50の中心Xを挟むようにロボットハンド10で把持させたいという条件を付加したい場合がある。この場合は、ロボットハンド10が対象部品50の中心に到達する成功確率を出力できるように、第1学習器211を再学習させる必要がある。

[0031] しかしながら、第1学習器211を再学習させるとすると、追加学習データを第1学習器211の学習データに加えた上で、第1学習器211の再学習を行わなければならない。すなわち、全ての条件を1つの学習器で学習しようとする、複合的な条件を満足する学習データの収集が困難であったり、追加の学習を行うと、確立していた元の学習結果の出力が保証できなくなる等の問題があり、効率がよくない。そこで、本実施形態では、追加の条件に係るロボットハンド10の動作を、第1学習器211とは別の第2学習器212で行うこととし、この追加された条件での各動作候補の成功確率を示す第2確率値を出力する。そして、評価部214では、第1学習器211で選択された動作候補の第1確率値、及び第2学習器212で出力された動作候補の第2確率値の2つを考慮して、動作指令を算出するようにしている。

すなわち、第1学習器211を、すべての条件を考慮するように学習させるのではなく、条件が追加されたときには、その条件のみを考慮した第2学習器212を追加で生成し、第1学習器211及び第2学習器212の両方の出力を考慮して、評価部214において、動作指令を算出するようにしている。したがって、学習器の学習の負担を低減することができる。

[0032] 同様にして、本実施形態の動作制御装置2では、第3学習器213を備えている。この第3学習器213は、ロボットハンド10で対象部品50を把持するとき、他の部品に影響を与えないように対象部品50を把持できる確率を示す第3確率値を出力できるようにしている。例えば、ロボットハンド10が、対象部品50を把持する過程で、図1に示す他の部品51～53の位置を変えないように、対象部品50を把持できる確率を出力することができる。このような付加的な条件についても、第1及び第2学習器211, 312とは別途学習を行った第3学習器213を生成し、評価部214では、その出力である第3確率値を、第1及び第2確率値とともに考慮して、動作指令を算出する。このように、学習器の数は、特には限定されず、付加的な条件が加えられるたびに、学習器を新たに生成することができる。

[0033] 以上のように、本実施形態では、ロボット10に所定の目的の動作をさせる制御を行うとき、全ての条件を充足するように1つの学習器を学習させるのではなく、ロボットが行うべき動作の条件を分け、各条件ごとにロボット10の動作の学習を行い、各条件ごとに学習器によって動作の評価を行うようにしている。そして、各学習器が出力した動作の評価を総合的に考慮して、ロボット10が行うべき動作指令を算出するようにしている。また、各学習器が出力した評価を考慮するに当たっては、各評価を均等に考慮することもできるし、重み付けをすることもできる。さらには、評価の優先順位を設けておき、例えば、一の評価が所定以上の評価でない場合には、他の評価を考慮しないようにすることもできる。これにより、上述したような1つの学習器を用いたときの不具合を解消することができる。

[0034] <2. 構成例>

＜２－１．ハードウェア構成＞

次に、本実施形態に係るロボットの動作制御装置２を含む制御システムのハードウェア構成について、図４も参照しつつ説明する。図４は、本実施形態に係るロボットの制御システムのハードウェア構成を示すブロック図である。

[0035] ＜２－１－１．ロボット＞

図１に示すように、このロボット１は、部品を把持可能なロボットハンド１０を有しており、このロボットハンド１０が上下左右に移動するほか、ロボットハンド１０が傾くように構成されている。但し、ロボット１及びロボットハンド１０の構成は特には限定されず、他の動作を行えるように適宜変更可能である。

[0036] ＜２－１－２．制御装置＞

図４に示すように、本実施形態に係るロボットの動作制御装置２は、制御部２１、記憶部２２、通信インタフェース２３、入力装置２４、出力装置２５、表示装置２６、外部インタフェース２７、及びドライブ２８が電氣的に接続されたコンピュータである。なお、図４では、通信インタフェース及び外部インタフェースをそれぞれ、「通信Ｉ／Ｆ」及び「外部Ｉ／Ｆ」と記載している。

[0037] 制御部２１は、ＣＰＵ（Central Processing Unit）、ＲＡＭ（Random Access Memory）、ＲＯＭ（Read Only Memory）等を含み、情報処理に応じて各構成要素の制御を行う。記憶部２２は、例えば、ハードディスクドライブ、ソリッドステートドライブ等の補助記憶装置であり、制御部２１で実行される制御プログラム２２１、動作候補データ２２２、撮影画像データ２２３、確率値データ２２４、第１～第３学習器２１１～２１３に関する情報を示す学習結果データ２２５、第１～第３学習器２１１～２１３を学習させるための学習データ２２６等を記憶する。その他、動作制御装置２の駆動に必要な各種のデータも記憶することもできる。

[0038] 制御プログラム２２１は、ロボット１の動作のために、上述した入力を受

け付け、これに応じた出力を行うものであり、後述する第1～第3学習器211～213によって、出力を行う。動作候補データ222は、上述したとおり、ロボットハンド10の移動ベクトルを含むデータであり、多数の動作候補を有している。動作候補データは、ロボット1の種類や対象物品の種類に応じて予め準備されている。撮影画像データ223は、上述したようにロボットハンド10及び対象部品50を撮影した撮影画像に係るデータであり、確率値データ224は、各学習器211～213によって出力されたロボットハンド10の各動作候補の成功確率を示すデータである。学習結果データ225は、学習済みの各学習器211～213の設定を行うためのデータである。また、学習データ226は、現在の各学習器211～213の学習に用いたデータである。なお、学習に関する詳細な説明は後述する。

[0039] 通信インタフェース23は、例えば、有線LAN (Local Area Network) モジュール、無線LANモジュール等であり、ネットワークを介した有線又は無線通信を行うためのインタフェースである。例えば、動作指令を送信するためにロボット1と通信したり、あるいは外部のカメラ4と通信し、カメラ4によって撮影された撮影画像を取得することができる。また、ロボット1の制御に関する情報を外部に送信するために用いることもできる。入力装置24は、例えば、マウス、キーボード等の入力を行うための装置であり、ユーザによるロボット1の動作に係る各種の指示を入力することができる。出力装置25は、例えば、スピーカ等の出力を行うための装置である。表示装置26は、ディスプレイ等で構成することができ、例えば、学習器211～213による出力の結果などを表示することができる。外部インタフェース27は、USB (Universal Serial Bus) ポート等であり、外部装置と接続するためのインタフェースである。

[0040] ドライブ28は、例えば、CD (Compact Disk) ドライブ、DVD (Digital Versatile Disk) ドライブ等であり、記憶媒体91に記憶されたプログラムを読み込むための装置である。ドライブ28の種類は、記憶媒体91の種類に応じて適宜選択されてよい。上記記憶部22に記憶される各種のデータ

221～226の少なくとも一つは、この記憶媒体91に記憶されていてもよい。また、撮影画像データ223、確率値データ224は、制御部21のRAMに記憶させることもできる。

[0041] 記憶媒体91は、コンピュータその他装置、機械等が記録されたプログラム等の情報を読み取り可能なように、このプログラム等の情報を、電氣的、磁氣的、光学的、機械的又は化学的作用によって蓄積する媒体である。この動作制御装置2は、この記憶媒体91から、上記各種のデータ221～226を取得してもよい。

[0042] ここで、図4では、記憶媒体91の一例として、CD、DVD等のディスク型の記憶媒体を例示している。しかしながら、記憶媒体91の種類は、ディスク型に限定される訳ではなく、ディスク型以外であってもよい。ディスク型以外の記憶媒体として、例えば、フラッシュメモリ等の半導体メモリを挙げることができる。

[0043] なお、動作制御装置2の具体的なハードウェア構成に関して、実施形態に応じて、適宜、構成要素の省略、置換及び追加が可能である。例えば、制御部21は、複数のプロセッサを含んでもよい。動作制御装置2は、複数台の情報処理装置で構成されてもよい。また、動作制御装置2は、提供されるサービス専用に設計された情報処理装置の他、汎用のデスクトップPC (Personal Computer)、タブレットPC等が用いられてもよい。

[0044] <2-2. 動作制御装置の機能的構成>

次に、図2及び図4を参照しつつ、本実施形態に係る動作制御装置の機能的構成の一例を説明する。

[0045] <2-2-1. 概略構成>

図2に示すように、動作制御装置2の制御部21は、記憶部22に記憶された制御プログラム221をRAMに展開する。そして、制御部21は、RAMに展開されたプログラム221をCPUにより解釈及び実行して、各構成要素を制御する。これによって、図2に示すように、本実施形態に係る制御装置2は、入力部210、第1～第3学習器211～213、及び評価部

214を備えるコンピュータとして機能する。

[0046] <2-2-2. 入力部>

入力部210は、各学習器211～213への入力として、撮影画像及び動作候補を準備する。例えば、入力装置24からの指示により、ロボット1の制御が始まると、カメラ4にロボットハンド10及び対象部品20を撮影させ、撮影画像を取得する。撮影画像は、撮影画像データ223として記憶部22に記憶することができる。なお、予め撮影画像が取得されている場合には、記憶部22の撮影画像データから必要な撮影画像を読み出すこともできる。また、記憶部22の動作候補データ222から複数の動作候補を入力用を選択する。このとき、入力用の動作候補は、動作候補データ222の中からランダムに選択する。こうして、入力部210により準備された撮影画像及び複数の動作候補を各学習器211～213に入力する。

[0047] <2-2-3. 第1学習器>

第1学習器211では、撮影画像及び複数の動作候補を入力とし、各動作候補による動作によってロボットハンド10が対象部品50を把持できる成功確率を示す第1確率値を出力するように学習されている。ここで、ロボットハンド10が対象部品50を単に把持する動作を第1処理動作と称することとする。

[0048] このような出力を行う第1学習器211は、ニューラルネットワークで構成されている。具体的には、図5に示すような、いわゆる深層学習に用いられる多層構造のニューラルネットワークであり、入力から順に、入力層71、中間層（隠れ層）72、及び出力層73を備えている。

[0049] 図5に示すように、ニューラルネットワーク7は1層の中間層72を備えており、入力層71の出力が中間層72の入力となり、中間層72の出力が出力層73の入力となっている。ただし、中間層72の数は1層に限られなくてもよく、ニューラルネットワーク7は、中間層72を2層以上備えてもよい。

[0050] 各層71～73は、1又は複数のニューロンを備えている。例えば、入力

層 7 1 のニューロンの数は、入力データの数に応じて設定することができる。中間層 7 2 のニューロンの数は実施の形態に応じて適宜設定することができる。また、出力層 7 3 も、動作候補の数に応じて設定することができる。

[0051] 隣接する層のニューロン同士は適宜結合され、各結合には重み（結合荷重）が設定されている。図 5 の例では、各ニューロンは、隣接する層の全てのニューロンと結合されているが、ニューロンの結合は、このような例に限定されなくてもよく、実施の形態に応じて適宜設定されてよい。

[0052] 各ニューロンには閾値が設定されており、基本的には、各入力と各重みとの積の和が閾値を超えているか否かによって各ニューロンの出力が決定される。この動作制御装置 2 は、このようなニューラルネットワーク 7 の入力層 7 1 に上記入力を行うことで、出力層 7 3 から各動作候補の成功確率を示す出力を得る。

[0053] なお、このようなニューラルネットワーク 7 の構成（例えば、ニューラルネットワーク 7 の層数、各層におけるニューロンの個数、ニューロン同士の結合関係、各ニューロンの伝達関数）、各ニューロン間の結合の重み、及び各ニューロンの閾値を示す情報は、学習結果データ 2 2 5 に含まれている。動作制御装置 2 は、学習結果データ 2 2 5 を参照して、学習済みの学習器の設定を行う。

[0054] また、第 1 学習器 2 1 1 の学習は、例えば、図 6 に示すような学習データ 2 2 6 により行われる。つまり、撮影像及び動作候補を入力とし、これに対するロボットハンド 1 0 による把持の成否を出力とした学習データ 2 2 6 を用い、これによって誤差伝播法などで学習を行う。具体的な学習データ 2 2 6 の例を図 7 に示す。学習データは、撮影画像及び動作候補を種々組み合わせ、それに対する把持の成否を実際にロボットハンド 1 0 を駆動させることで取得する。すなわち、所定の位置にロボットハンド 1 0 及び対象部品 5 0 が写る撮影画像を取得し、これに対して所定の動作候補でロボットハンド 1 0 を動作させた場合、ロボットハンド 1 0 が実際に対象部品 5 0 を把持したときには成功、把持できなかったときには失敗として、学習データ 2 2 6 を

生成する。例えば、図7では、画像1及び動作候補M1に基づいて、ロボットハンド10を駆動したときには、対象部品20を把持できたとする学習データが含まれている。このような学習データ226を生成し、これによって第1学習器211を学習させると、各動作候補において、対象部品50を把持できる成功確率、つまり第1確率値を出力することができる。すなわち、このような出力を得ることができる第1学習器211用の学習結果データ225が生成される。なお、学習データ226を作成するに当たっては、ロボットハンド10を実際に使用して学習データ226を作成することもできるし、コンピュータ上でのシミュレーションにより、ロボットハンドを動作させて学習データ226を作成することもできる。

[0055] <2-2-4. 第2学習器>

第2学習器212では、撮影画像及び複数の動作候補を入力とし、各動作候補による動作によってロボットハンド10が対象部品50の中心に到達できる成功確率を示す第2確率値を出力するように学習されている。ここで、ロボットハンド10が対象部品50の中心に到達するような動作を第2処理動作と称することとする。

[0056] 第2学習器212も第1学習器211と同様に、ニューラルネットワークにより構成することができるため、詳しい説明は省略する。また、学習の方法及び学習データの生成についても、第1学習器211と概ね同様であるが、例えば、ロボットハンド10を種々の動作候補で動作させたときに、ロボットハンド10の座標が対象部品50の中心として設定された範囲に到達すれば、成功(=1)、到達しなければ、失敗(=0)となるように学習データ226を作成することができる。すなわち、第2学習器212は、対象部品50をロボットハンド10で把持できるか否かではなく、対象部品50の中心にロボットハンド10が到達できるか否かの評価を行うものである。

[0057] <2-2-5. 第3学習器>

第3学習器213では、撮影画像及び複数の動作候補を入力とし、各動作候補による動作によってロボットハンド10が対象部品50に到達するまで

の過程で、他の部品 5 1 ～ 5 3 が移動しない確率を示す第 3 確率値を出力するように学習されている。すなわち、ロボットハンド 1 0 によって、あるいは対象部品 5 0 によって、他の部品 5 1 ～ 5 3 が影響を受けずに移動しない確率を出力する。ここで、ロボットハンド 1 0 が対象部品 5 0 に到達する過程で、他の部品を移動させないような動作を第 3 処理動作と称することとする。

[0058] ここで、第 3 学習器 2 1 3 も第 1 学習器 2 1 1 と同様に、ニューラルネットワークにより構成することができるため、詳しい説明は省略する。また、学習データ 2 2 6 は、例えば、以下のように生成することができる。

[0059] 学習データ 2 2 6 は、撮影画像及び動作候補を種々組み合わせ、それに対して、他の部品 5 1 ～ 5 3 が移動したか否かを、実際にロボットハンド 1 0 を駆動させることで取得する。例えば、所定の位置にロボットハンド 1 0 及び対象部品 5 0 が写る撮影画像を取得し、これに対して所定の動作候補でロボットハンド 1 0 を対象部品 5 0 まで動作させたとき、他の部品が移動しなかった場合には 1、移動した場合には 0 とする。図 8 に学習データの例を示す。ここで、他の部品が移動したか否かの判定には種々の方法があり、人間が確認するほか、次のような方法がある。例えば、例えば、ロボットハンド 1 0 の動作前と動作後に部品 5 1 ～ 5 3 を撮影し、それらの画像の差分を算出する。そして、ロボットハンド 1 0 の動作前後の画像において、変化のあった画素数が所定の基準以上であれば、部品 5 1 ～ 5 3 が移動したと判断することができる。また、他の部品が動作する確率を出力とするのではなく、動作前後での変化した画素数を出力とすることもできる。あるいは、撮影画像を複数の範囲に分割し、分割した範囲ごとに動作前後の画素数の変化を算出する。そして、分割した範囲ごとに、画素数の変化に基づいて、0 ～ 1 の範囲で部品の移動の影響度が出力されるように、第 3 学習器 2 1 3 を学習させることもできる。

[0060] このようにして得た学習データ 2 2 6 により、第 1 実施形態と同様に、第 3 学習器 2 1 3 の学習を行う。こうして、上記出力を得ることができる、第

3 学習器 2 1 3 用の学習結果データ 2 2 5 が生成される。

[0061] < 2 - 2 - 6. 評価部 >

評価部 2 1 4 は、各学習器 2 1 1 ~ 2 1 3 から出力された、各動作候補の確率値に基づいて、ロボット 1 に対する動作指令を決定するものである。各学習器 2 1 1 ~ 2 1 3 からは、図 9 に示すように、各動作候補 M 1 ~ M n の確率値 $p_1 \sim p_3$ が評価部 2 1 4 へ出力される。

[0062] 次に、各学習器 2 1 1 ~ 2 1 3 からの出力に基づき、動作候補 M 1 ~ M n の評価値 P をそれぞれ算出し、最も高い評価値 P を得た動作候補を動作指令としてロボット 1 に出力する。動作指令の選択方法は、種々の方法がある。例えば、図 9 に示す成功確率が出力された場合には、成功確率 $p_1 \sim p_3$ の合計を評価値 P とし、最も高い評価値 P を得た動作候補を、ロボット 1 への動作指令とすることができる。あるいは、成功確率 $p_1 \sim p_3$ に重み付けを行うこともできる。例えば、第 1 ~ 第 3 処理動作の優先度を考慮して、各処理動作の重みを w_1 , w_2 , w_3 とする。これにより、各動作候補の評価値 P は、 $w_1 * p_1 + w_2 * p_2 + w_3 * p_3$ と表すことができ、その中で最も高い評価値を得た動作候補を動作指令とすることができる。このように重みを設定する理由は、次の通りである。例えば、第 1 処理動作が非常に重視される場合には、 $w_1 = 0.8$, $w_2 = 0.1$, $w_3 = 0.1$ といった重み付けをすることができる。このように、各学習器 2 1 1 ~ 2 1 3 が対象とする処理動作の目的によって重みを設定することができる。例えば、第 1 処理動作が必須の要件であり、第 2 処理動作が推奨される要件である場合には、第 1 学習器 2 1 1 からの出力の重み w_1 が大きくなり、第 2 学習器 2 1 2 からの出力の重み w_2 は、重み w_1 よりも小さくなる。なお、各学習器 2 1 1 ~ 2 1 3 からの出力が確率以外の評価値、つまり 0 ~ 1 以外の範囲の評価値である場合には、その最大値が 1, 最小値が 0 となるように正規化した上で、重み付けをして評価値 P を算出することもできる。例えば、第 3 学習器 2 1 3 において、上述したように変化があった画素数を出力とする場合には、このような正規化を行うことで第 1 及び第 2 学習器 2 1 1, 2 1 2 からの出

力の範囲に合わせることができる。

[0063] また、確率値が所定基準値よりも低い場合には、その動作候補を、動作指令として採用しないようにしてもよい。

[0064] <2-3. 制御装置の動作>

次に、図10を参照しつつ、動作制御装置2におけるロボットの制御処理の例を説明する。図10は、動作制御装置の処理手順の一例を例示するフローチャートである。なお、以下で説明する処理手順は一例に過ぎず、各処理は可能な限り変更されてよい。また、以下で説明する処理手順について、実施の形態に応じて、適宜、ステップの省略、置換、及び追加が可能である。

[0065] 図10に示すように、まず、カメラ4によって撮影画像を取得する（ステップS101）。次に、取得した撮影画像及び動作候補を各学習器211～213に入力する（ステップS102）。続いて、各学習器211～213から動作候補及びその確率値を出力する（ステップS103）。これに続いて、評価部214において、出力された動作候補及び確率値に基づき、動作指令を生成する（ステップS104）。最後に、生成された動作指令をロボット1に送信し、ロボットハンド10を動作指令にしたがって駆動させる（ステップS105）。

[0066] <3. 特徴>

以上のように、本実施形態によれば、一つの学習器を、すべての条件を考慮するように学習させるのではなく、条件が付加されたときには、その条件のみを考慮した学習器を追加で生成し、生成したすべての学習器211～213の出力を考慮して、評価部214において、動作指令を算出するようにしている。したがって、学習器の学習の負担を低減することができる。

[0067] <4. 変形例>

以上、本発明の実施の形態を詳細に説明してきたが、前述までの説明はあらゆる点において本発明の例示に過ぎない。本発明の範囲を逸脱することなく種々の改良や変形を行うことができることは言うまでもない。例えば、以下のような変更が可能である。なお、以下では、上記実施形態と同様の構成

要素に関しては同様の符号を用い、上記実施形態と同様の点については、適宜説明を省略した。以下の変形例は適宜組み合わせ可能である。

[0068] <1>

上記実施形態では、学習器の数が3つであるが、学習器の数は、2以上あればよく、特には限定されない。また、第1学習器211の対象となる処理動作と、第2、第3学習器212、213の処理動作は、関連していればよい。例えば、上記実施形態の第1処理動作と第2処理動作のように、第1処理動作を制約するような処理動作が、第2処理動作となるように関連していてもよい。また、第1処理動作と第3処理動作のように、第1処理動作に起因して生じうる事象に関連する処理動作が第3処理動作となるように関連していてもよい。

[0069] <2>

上記実施形態では、第1～第3学習器211～213を設けたが、例えば、動作制御装置2が、第1学習器211と第3学習器213とを有するように構成されていてもよい。

[0070] <3>

上記実施形態では、各学習器211～213において、動作候補の成功確率を評価値として出力しているが、これに限定されない。すなわち、各動作候補の評価値としては、成功確率以外に、例えば、各動作候補に基づくロボットハンド10の移動先の座標とすることもでき、この座標によって、動作候補の評価を行うことができる。例えば、移動先の座標が対象部品50の座標に近ければ、評価値が高くなる。これ以外にも、種々の評価値を用いて、動作候補の評価を行い、これを学習器211～213から出力することができる。

[0071] <4>

各学習器211～213に入力する動作候補は、上記のようにランダムに選択する以外に種々の選択方法がある。例えば、動作制御装置2に、動作候補を生成する動作候補生成部を設ける。この動作候補生成部では、まず、評

価値の所定の平均と分散を設定し、これらに基づいて、一定数の動作候補をサンプリングして、動作候補の集合を生成する。次に、学習器を用いて、集合内の各動作候補の評価値を出力し、評価値の高い順にランク付けを行う。続いて、集合内のランクの高い動作候補をいくつか選択し、その動作候補の評価値の平均と分散を算出する。そして、その平均と分散により、集合の平均と分散を更新する。これを繰り返すことで、評価値の高い動作候補を生成することができる。

[0072] このほか、動作候補生成部は、ロボットハンド10の各動作に適合した複数の動作候補の集合を予め準備しておき、その中から、要求されるロボットハンド10の動作に応じて、動作候補の集合を適宜選択することができる。

[0073] <5>

上記の例では、ニューラルネットワーク7として、多層構造を有する一般的な順伝播型ニューラルネットワークを用いている。しかしながら、各ニューラルネットワーク7の種類は、このような例に限定されなくてもよく、実施の形態に応じて適宜選択されてよい。例えば、各ニューラルネットワーク7は、入力層71及び中間層72を畳み込み層及びプーリング層として利用する畳み込みニューラルネットワークであってもよい。また、例えば、各ニューラルネットワーク7は、中間層72から入力層71等のように出力側から入力側に再帰する結合を有する再帰型ニューラルネットワークであってもよい。なお、各ニューラルネットワーク7の層数、各層におけるニューロンの個数、ニューロン同士の結合関係、及び各ニューロンの伝達関数は、実施の形態に応じて適宜決定されてよい。

[0074] <6>

上記各学習器211～213の種類は、特には限定されず、ニューラルネットワーク以外に、例えば、サポートベクターマシン、自己組織化マップ、又は強化学習により学習を行う学習器とすることができる。あるいは、機械学習以外の他の手法を用いることができる。

[0075] <7>

上記実施形態では、ロボットの動作制御装置 2 について説明したが、この装置のように、付加的な条件が加えられるたびに、新たな学習器を生成し、複数の学習器の出力を評価する手法は、他の装置にも適用することができる。

[0076] 例えば、図 11 に示すような制御装置 8 に適用することができる。この制御装置 8 の基本構成は、上述したロボットの動作制御装置 2 と概ね同じである。但し、学習器に入力される情報は、画像に限られず、環境情報と称する種々の情報の入力が可能である。環境情報は、制御対象物に関連する情報であり、制御対象物の画像のほか、例えば、制御対象物の動作速度、制御対象物の位置などにすることができる。また、処理候補は、動作候補と対応するものであり、制御対象物に対する処理（制御）の候補である。

[0077] 例えば、この制御装置を自動車の衝突回避のための制御に適用することができる。この場合、入力の環境情報として、自動車に設けられるカメラ、レーダー等の計測器で得られる障害物との距離などの計測値、処理候補として、ステアリングとアクセルの操作量などが異なる複数の運転操作を用いることができる。そして、第 1 学習器 211 においては、これらの入力から、障害物との衝突確率を出力することができる。したがって、第 1 学習器 211 を用いることで、自動運転車の衝突確率が最小となるような運転操作を決定できる。

[0078] しかし、単純に衝突確率を最小化するような運転操作は、急ハンドルや急制動を伴うことが考えられるため、乗員への負荷が大きいことが想定される。これに対して、各運転操作に対する乗員への負担度を出力する第 2 学習器 212 を生成する。そして、第 1 学習器 211 及び第 2 学習器 212 の出力から、評価部 214 において、衝突を回避しつつ乗員への負担が小さな運転操作を決定することができる。この場合、第 1 学習器 211 の対象は衝突であるから、必須条件といえることができ、第 2 学習器 212 の対象は、それより優先度が低い推奨条件といえることができる。したがって、第 1 学習器 211 の出力の重みは、第 2 学習器 212 の出力の重みよりも大きくなる。なお

、学習器は3以上設けてもよい。

[0079] <8>

また、制御対象物の制御だけでなく、処理対象物に対する処理にも適用することができる。例えば、図12に示すような処理装置に適用することができる。この処理装置9の基本構成は、上述した制御装置8と概ね同じである。但し、学習器に入力される情報は、処理候補だけにすることができる。

[0080] このような処理装置9は、例えば、画像検索システムに適用することができる。例えば、処理候補として、画像を入力し、第1学習器211により、入力された画像に人が写っている確率を出力することができる。これにより、人が写っている画像を検索することができる。また、第2学習器212にも処理候補として画像が入力されるが、第2学習器で212は、画像に写っている人が、ある年齢に属する確率を出力することができる。このような第1学習器211及び第2学習器212により、人が写っている写真を検索できるシステムに、人の属性による絞り込み機能を追加することが可能になる。

符号の説明

[0081] 211 第1学習器
212 第2学習器
213 第3学習器
214 評価部

請求の範囲

- [請求項1] 処理対象物に対するロボットの動作制御装置であって、
少なくとも前記処理対象物を撮影した撮影画像、及び前記ロボットの少なくとも一つの動作候補が入力される入力部と、
前記撮影画像、及び少なくとも一つの前記動作候補を入力とし、前記ロボットが第1の処理動作を行うときの、前記各動作候補の評価を示す第1の評価値を出力するために、第1学習データにより学習された学習済みの第1の学習器と、
前記撮影画像、及び少なくとも一つの前記動作候補を入力とし、前記ロボットが第2の処理動作を行うときの、前記各動作候補の評価を示す第2の評価値を出力するために、前記第1学習データとは異なる第2学習データにより、学習された学習済みの第2の学習器と、
前記第1の評価値及び前記第2の評価値の少なくとも一方に基づいて、前記ロボットを動作させるための指令値を算出する評価部と、
を備えている、動作制御装置。
- [請求項2] 前記第1の評価値は、当該第1の動作候補の成功確率を示す確率値であり、
前記第2の評価値は、当該第2の動作候補の成功確率を示す確率値である、請求項1に記載の動作制御装置。
- [請求項3] 前記評価部は、前記各評価値が所定値以上の前記動作候補に基づいて、前記指令値を算出する、請求項1または2に記載の動作制御装置。
- [請求項4] 前記評価部は、前記第1の評価値及び第2の評価値に対し、前記各処理動作に基づく重み付けを行うことで、前記指令値を算出する、請求項1または2に記載の動作制御装置。
- [請求項5] 前記第2の評価値は、前記第1の処理動作及び第2の処理動作の少なくとも一方に起因して起こり得る事象の評価値である、請求項1から4のいずれかに記載の動作制御装置。

- [請求項6] 前記撮影画像、及び少なくとも一つの前記動作候補を入力とし、前記第1の処理動作及び第2の処理動作の少なくとも一方に起因して起こり得る事象を示す第3の評価値を出力するように、前記第1及び第2学習データとは異なる第3学習データにより、学習された学習済みの第3の学習器をさらに備え、
- 前記評価部は、前記第3の評価値も用いて、前記指令値を算出する、請求項1から4のいずれかに記載の動作制御装置。
- [請求項7] 前記撮影画像を入力とし、前記第1の処理動作に適した前記第1の動作候補、及び前記第2の処理動作に適した前記第2の動作候補を出力とする動作候補生成部をさらに備えている、請求項1から6のいずれかに記載の動作制御装置。
- [請求項8] 前記第1の処理動作及び前記第2の処理動作の動作候補は、前記ロボットが動作するための移動ベクトルを含む、請求項1から7のいずれかに記載の動作制御装置。
- [請求項9] 処理対象物に対して、処理を行うロボットと、
- 請求項1から8のいずれかに記載の動作制御装置と、
- を備え、
- 前記動作制御装置から算出された指令値により、前記ロボットが動作するように構成されている、ロボット制御システム。
- [請求項10] 処理対象物に対するロボットの動作制御方法であって、
- 少なくとも前記処理対象物を撮影した撮影画像、及び前記ロボットの少なくとも一つの動作候補を入力するステップと、
- 前記撮影画像、及び少なくとも一つの前記動作候補を入力とし、前記ロボットが第1の処理動作を行うときの、前記各動作候補の評価を示す第1の評価値を出力するために、第1学習データにより、学習された学習済みの第1の学習器を準備するステップと、
- 前記撮影画像、及び少なくとも一つの前記動作候補を入力とし、前記ロボットが第2の処理動作を行うときの、前記各動作候補の評価を

示す第2の評価値を出力するために、前記第1学習データとは異なる第2学習データにより、学習された学習済みの第2の学習器を準備するステップと、

前記撮影画像及び前記動作候補から、前記第1の学習器によって、前記第1の評価値を出力するステップと、

前記撮影画像及び前記動作候補から、前記第2の学習器によって、前記第2の評価値を出力するステップと、

前記第1の評価値及び第2の評価値の少なくとも一方に基づいて、前記ロボットを動作させるための指令値を算出するステップと、を備えている、動作制御方法。

[請求項11]

処理対象物に対するロボットの動作制御プログラムであって、コンピュータに、

少なくとも前記処理対象物を撮影した撮影画像、及び前記ロボットの少なくとも一つの動作候補を入力するステップと、

前記撮影画像、及び少なくとも一つの前記動作候補を入力とし、前記ロボットが第1の処理動作を行うときの、前記各動作候補の評価を示す第1の評価値を出力するために、第1学習データにより、学習された学習済みの第1の学習器を準備するステップと、

前記撮影画像、及び少なくとも一つの前記動作候補を入力とし、前記ロボットが第2の処理動作を行うときの、前記各動作候補の評価を示す第2の評価値を出力するために、前記第1学習データとは異なる第2学習データにより、学習された学習済みの第2の学習器を準備するステップと、

前記撮影画像及び前記動作候補から、前記第1の学習器によって、前記第1の評価値を出力するステップと、

前記撮影画像及び前記動作候補から、前記第2の学習器によって、前記第2の評価値を出力するステップと、

前記第1の評価値及び第2の評価値の少なくとも一方に基づいて、

前記ロボットを動作させるための指令値を算出するステップと、
を実行させる、動作制御プログラム。

[請求項12]

制御対象物の制御装置であって、

前記制御対象物に関連する環境情報、及び前記制御対象物に対する
少なくとも一つの処理候補を入力する入力部と、

前記環境情報、及び少なくとも一つの前記処理候補を入力とし、前
記制御対象物に対し第1の処理を行うときの、前記各処理候補の評価
を示す第1の評価値を出力するために、第1学習データにより、学習
された学習済みの第1の学習器と、

前記環境情報、及び少なくとも一つの前記処理候補を入力とし、前
記制御対象物に対し第2の処理を行うときの、前記各処理候補の評価
を示す第2の評価値を出力するために、前記第1学習データとは異なる
第2学習データにより、学習された学習済みの第2の学習器と、

前記第1の評価値及び前記第2の評価値の少なくとも一方に基づい
て、前記制御対象物を制御するための指令値を算出する評価部と、
を備えている、制御装置。

[請求項13]

所定の処理を行う処理装置であって、

少なくとも一つの処理候補を入力する入力部と、

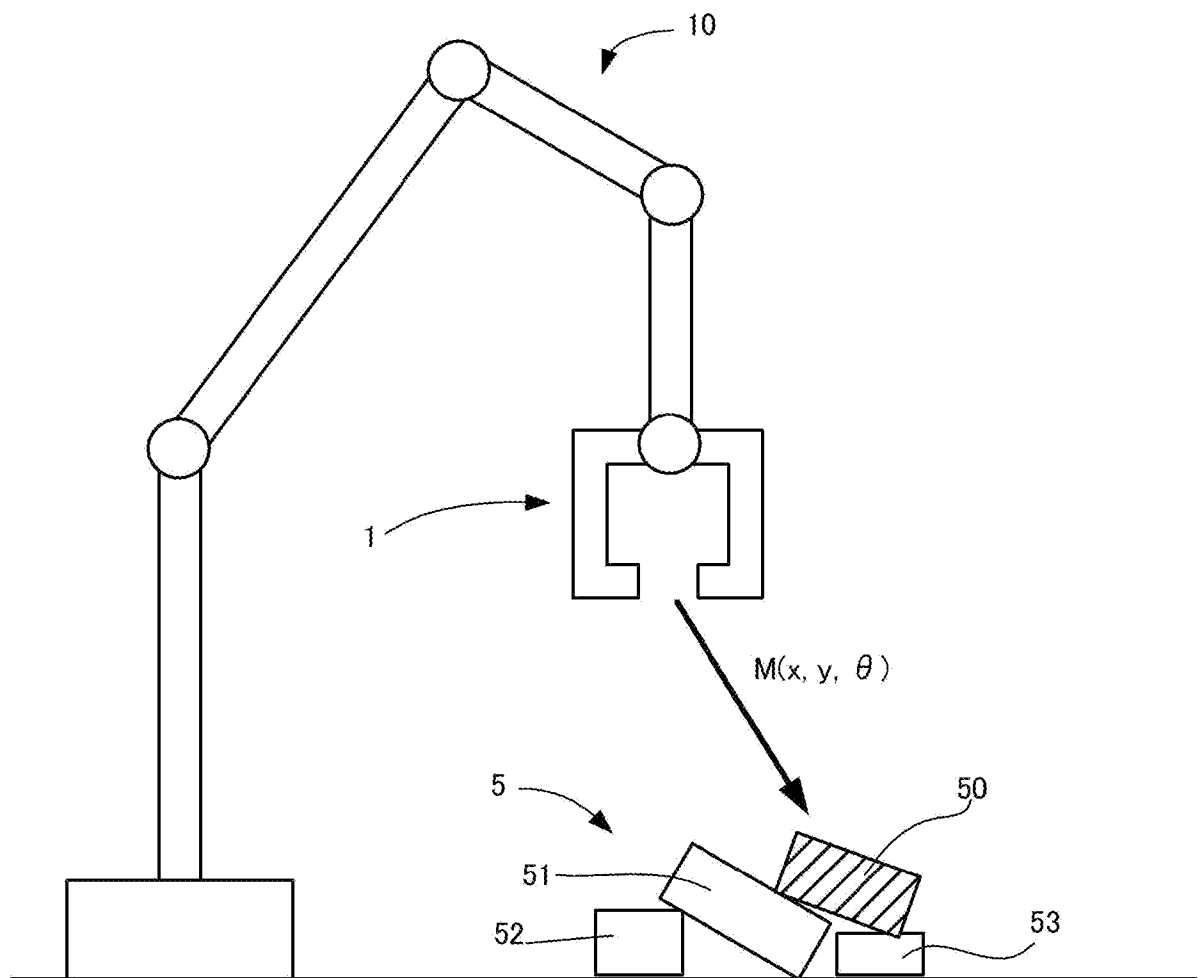
少なくとも一つの前記処理候補を入力とし、第1の処理を行うときの、
前記各処理候補の評価を示す第1の評価値を出力するために、第1学
習データにより、学習された学習済みの第1の学習器と、

少なくとも一つの前記処理候補を入力とし、第2の処理を行うとき
の、前記各処理候補の評価を示す第2の評価値を出力するために、前
記第1学習データとは異なる第2学習データにより、学習された学習
済みの第2の学習器と、

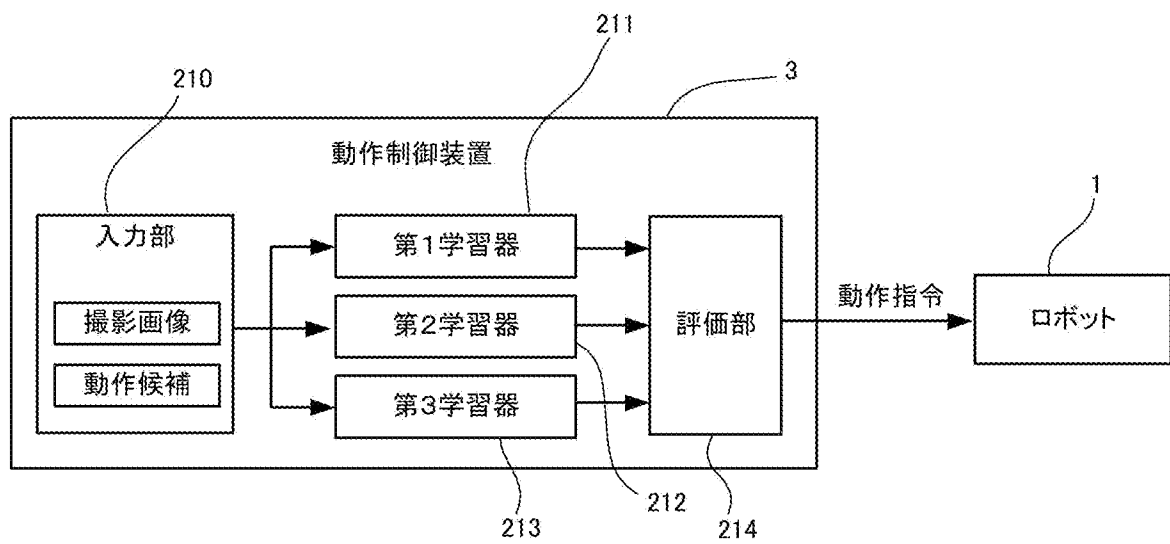
前記第1の評価値及び前記第2の評価値の少なくとも一方に基づい
て、前記第1の処理及び前記第2の処理の少なくとも一方の処理候補
を決定する評価部と、

を備えている、処理装置。

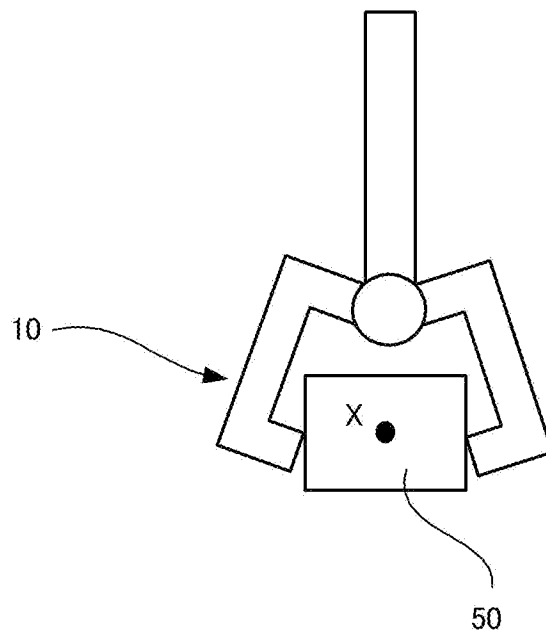
[図1]



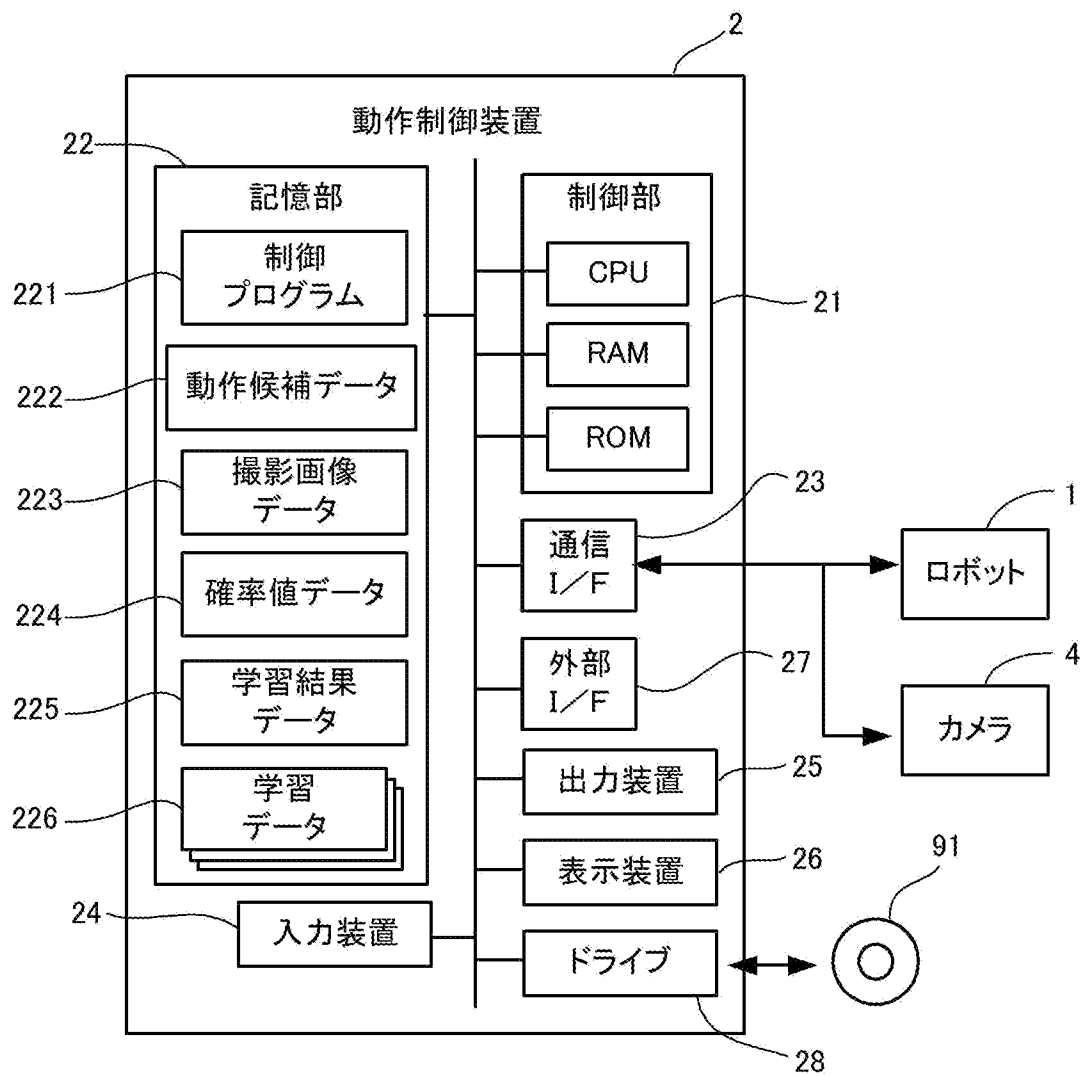
[図2]



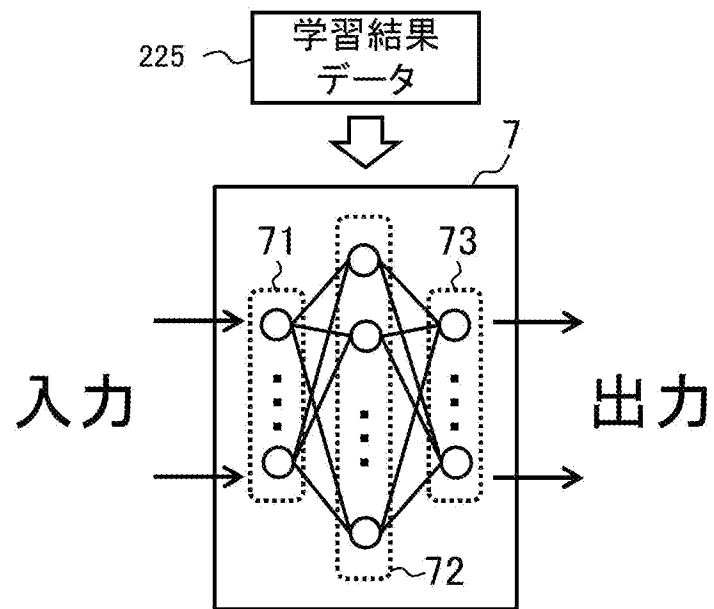
[図3]



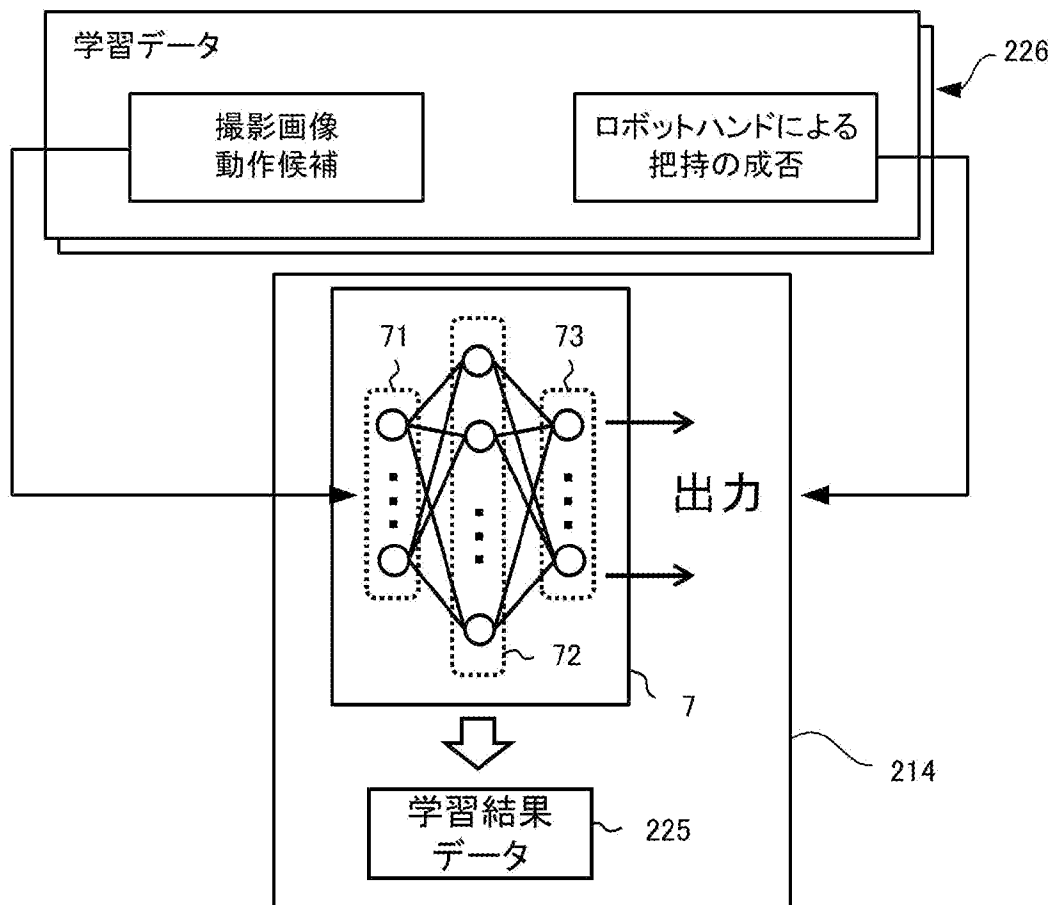
[図4]



[図5]



[図6]



[図7]

入力画像	動作候補	把持の成否(成功=1, 失敗=0)
画像1	$M1(x1, y1, \theta 1)$	1
画像2	$M2(x2, y2, \theta 2)$	0
画像3	$M3(x3, y3, \theta 3)$	1
...	...	...

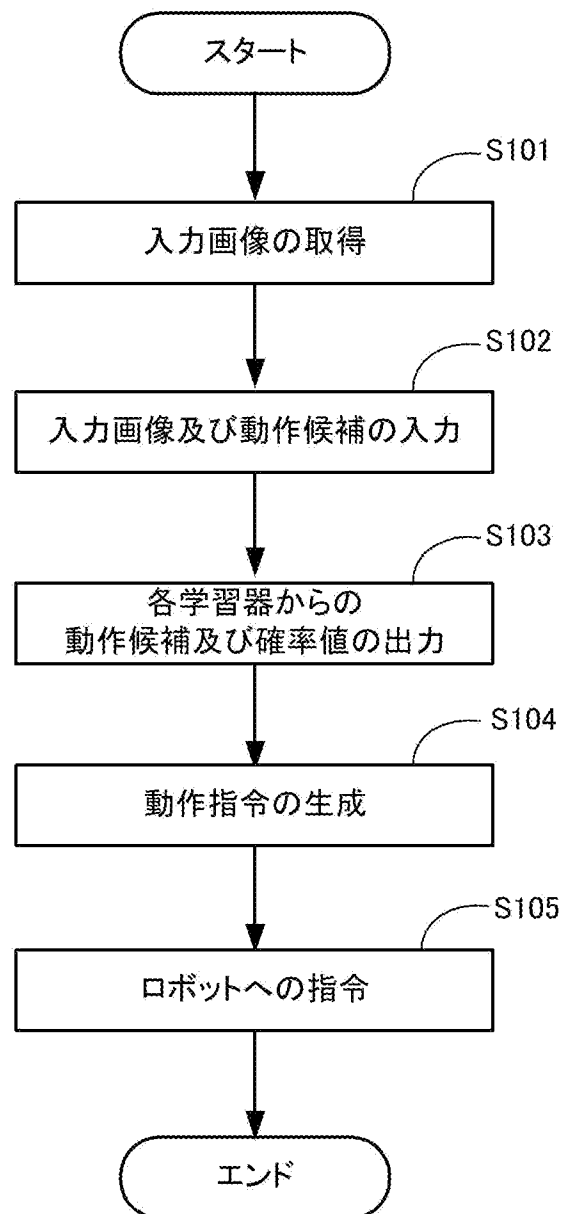
[図8]

入力画像	動作候補	他の部品の移動 (移動しなかった=1, 移動した=0)
画像1	$M1(x1, y1, \theta 1)$	1
画像2	$M2(x2, y2, \theta 2)$	0
画像3	$M3(x3, y3, \theta 3)$	1
...	...	...

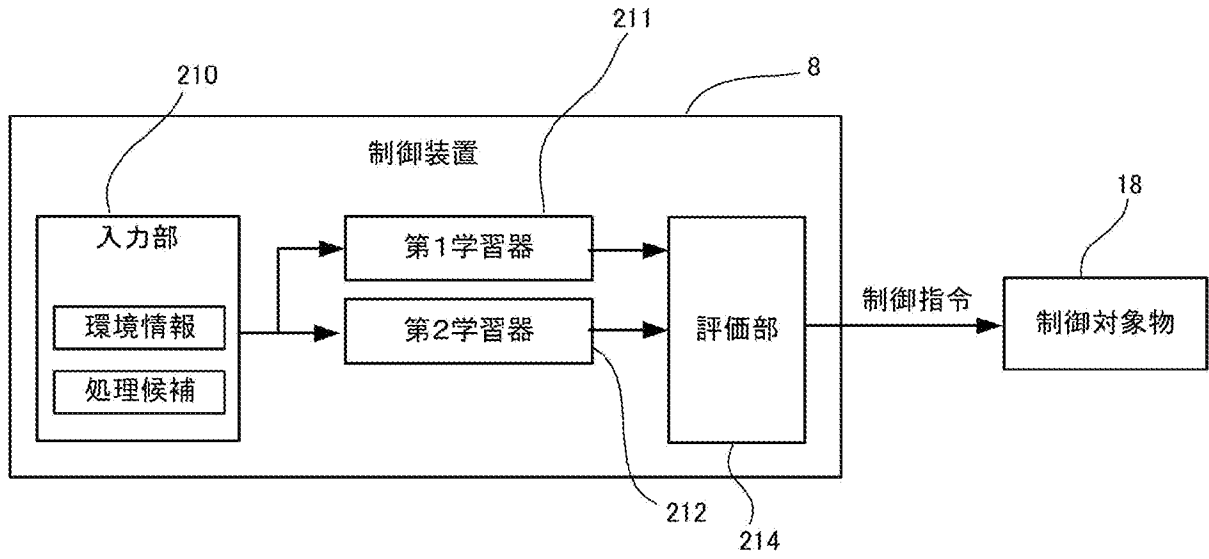
[図9]

	M1	M2	M3	...	Mn
第1学習器	$p1=0.5$	$p1=0.6$	$p1=0.7$		$p1=0.2$
第2学習器	$p2=0.9$	$p2=0.3$	$p2=0.8$		$p2=0.4$
第3学習器	$p3=0.3$	$p3=0.4$	$p3=0.1$		$p3=0.5$

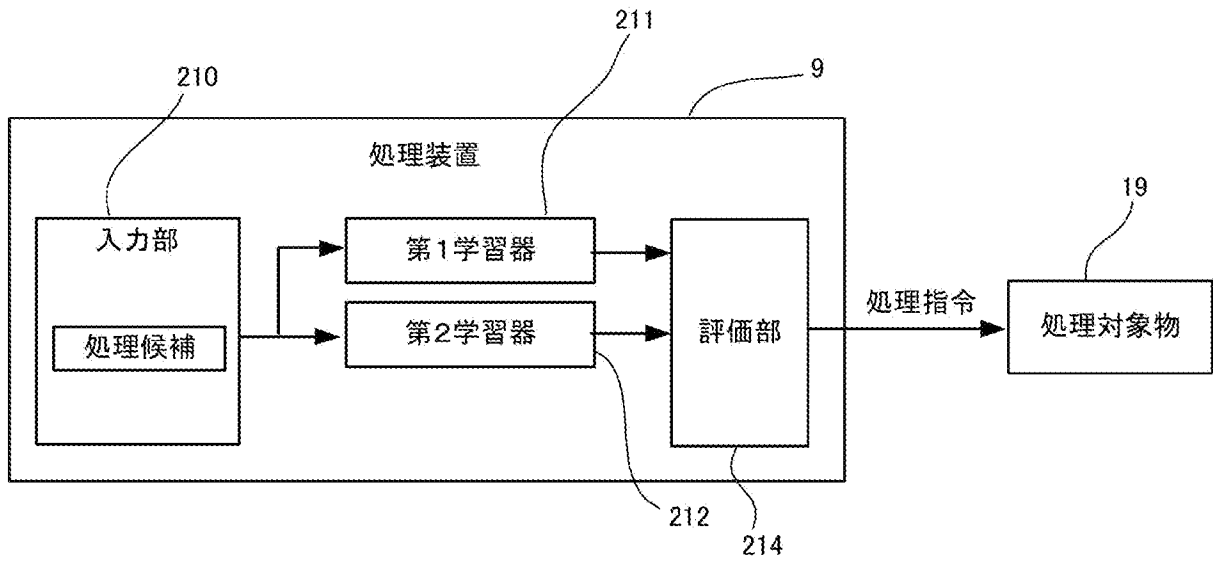
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/006183

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. B25J13/08 (2006.01) i, B25J13/00 (2006.01) i, G06N20/00 (2019.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. B25J1/00-21/02, G06N3/00-99/00

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	WO 2018/008503 A1 (HITACHI, LTD.) 11 January 2018, paragraphs [0025]-[0131], fig. 1-24 (Family: none)	12 1-11
X A	JP 5-101028 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORP.) 23 April 1993, paragraphs [0002]-[0027], fig. 1-6 (Family: none)	13-1-11
A	JP 2017-30135 A (FANUC CORPORATION) 09 February 2017, entire text, all drawings & US 2017/0028562 A1, entire text, all drawings & DE 102016009030 A1 & CN 106393102 A	1-13



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 May 2019 (14.05.2019)

Date of mailing of the international search report

28 May 2019 (28.05.2019)

Name and mailing address of the ISA/

Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/006183

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2014-240110 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 25 December 2014, entire text, all drawings (Family: none)	1-13
A	JP 2018-27581 A (YASKAWA ELECTRIC CORPORATION) 22 February 2018, entire text, all drawings & US 2018/0050451 A1, entire text, all drawings & CN 107756422 A	1-13
A	JP 2017-97317 A (HONDA MOTOR CO., LTD.) 01 June 2017, entire text, all drawings & US 2017/0140300 A1, entire text, all drawings	1-13
A	JP 2017-185577 A (FANUC CORPORATION) 12 October 2017, entire text, all drawings & US 2017/0285584 A1, entire text, all drawings & DE 102017002996 A1 & CN 107263464 A	1-13

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. B25J13/08(2006.01)i, B25J13/00(2006.01)i, G06N20/00(2019.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. B25J1/00-21/02, G06N3/00-99/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A	WO 2018/008503 A1（株式会社日立製作所）2018.01.11, 段落 [0025] - [0131], 第1-24図（ファミリーなし）	12 1-11
X A	JP 5-101028 A（日本電信電話株式会社）1993.04.23, 段落 [0002] - [0027], 第1-6図（ファミリーなし）	13 1-11
A	JP 2017-30135 A（ファナック株式会社）2017.02.09, 全文, 全図 & US 2017/0028562 A1, 全文, 全図 & DE 102016009030 A1 & CN 106393102 A	1-13

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

14.05.2019

国際調査報告の発送日

28.05.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

貞光 大樹

3U

3629

電話番号 03-3581-1101 内線 3364

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2014-240110 A (三菱電機株式会社) 2014.12.25, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-13
A	JP 2018-27581 A (株式会社安川電機) 2018.02.22, 全文, 全図 & US 2018/0050451 A1, 全文, 全図 & CN 107756422 A	1-13
A	JP 2017-97317 A (本田技研工業株式会社) 2017.06.01, 全文, 全図 & US 2017/0140300 A1, 全文, 全図	1-13
A	JP 2017-185577 A (ファナック株式会社) 2017.10.12, 全文, 全図 & US 2017/0285584 A1, 全文, 全図 & DE 102017002996 A1 & CN 107263464 A	1-13