

(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
2023年3月23日(23.03.2023)



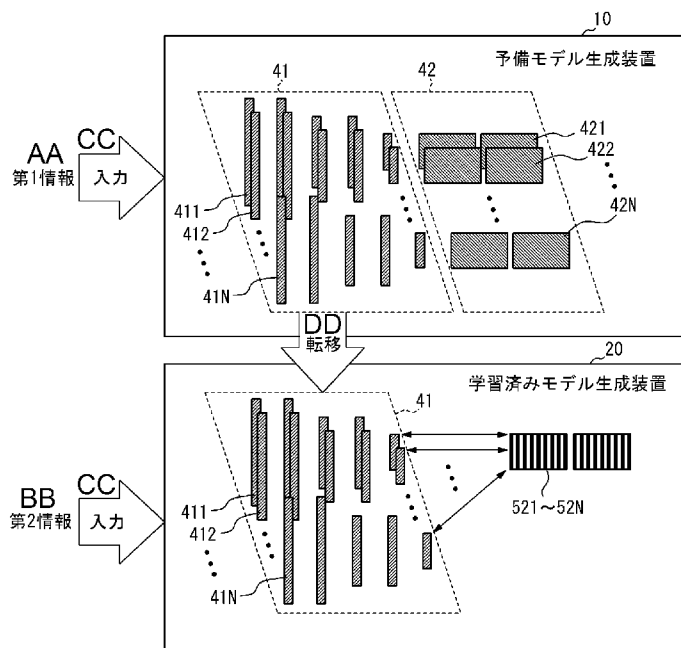
(10) 国際公開番号

WO 2023/042895 A1

- (51) 国際特許分類:
G06N 20/00 (2019.01) G06T 7/00 (2017.01)
G06N 3/08 (2023.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/034632
- (22) 国際出願日: 2022年9月15日(15.09.2022)
- (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 2021-152586 2021年9月17日(17.09.2021) JP
- (71) 出願人: 京セラ株式会社 (KYOCERA CORPORATION) [JP/JP]; 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 浅谷 南己 (ASATANI Minami); 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 京セラ株式会社内 Kyoto (JP). 荒川 和久 (ARAKAWA Kazuhisa); 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 京セラ株式会社内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 杉村 憲司 (SUGIMURA Kenji); 〒1000013 東京都千代田区霞が関三丁目2番1号 霞が関コモンゲート西館36階 Tokyo (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,

(54) Title: TRAINED MODEL GENERATION METHOD, INFERENCE DEVICE, AND TRAINED MODEL GENERATION DEVICE

(54) 発明の名称: 学習済みモデル生成方法、推論装置、及び学習済みモデル生成装置



- 10 Preliminary model generation device
20 Trained model generation device
AA First information
BB Second information
CC Input
DD Transfer

(57) Abstract: This trained model generation method involves generating a trained model that outputs, on the basis of a plurality of models each having at least one of a first part and a second part, a recognition result of a recognition target included in input information. In generating the trained model, a plurality of base models each having a portion corresponding to the first part are acquired, the base models having been trained on the basis of at least one set of first information related to the input information. In generating the trained model, target models each having a portion corresponding to the second part are acquired, the target models having been trained on the basis of at least one set of second information related to the input information in a state of being connected to the plurality of base models. In generating the trained

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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))

model, generated is a trained model which has a target model having at least a portion corresponding to the second part.

(57) 要約: 学習済みモデルの生成方法は、それぞれ第1部及び第2部の少なくとも1つを有する複数のモデルに基づいて、入力情報に含まれる認識対象の認識結果を出力する学習済みモデルを生成することを含む。学習済みモデルの生成において、入力情報に関連した少なくとも1セットの第1情報に基づいて学習された、それぞれ第1部に相当する部分を有する複数のベースモデルが取得される。学習済みモデルの生成において、複数のベースモデルに接続された状態で入力情報に関連した少なくとも1セットの第2情報に基づいて学習された、それぞれ第2部に相当する部分を有するターゲットモデルが取得される。学習済みモデルの生成において、少なくとも第2部に相当する部分を有するターゲットモデルを有する学習済みモデルが生成される。

明 細 書

発明の名称：

学習済みモデル生成方法、推論装置、及び学習済みモデル生成装置

関連出願へのクロスリファレンス

[0001] 本出願は、日本国特許出願 2021-152586 号（2021 年 9 月 17 日出願）の優先権を主張するものであり、当該出願の開示全体を、ここに参照のために取り込む。

技術分野

[0002] 本開示は、学習済みモデル生成方法、推論装置、及び学習済みモデル生成装置に関する。

背景技術

[0003] 従来、学習済みモデルを用いてロボットに対象物を取り出させるシステムが知られている（例えば特許文献 1 参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献 1：特開 2021-13996 号公報

発明の概要

[0005] 本開示の一実施形態に係る学習済みモデル生成方法は、それぞれ第 1 部及び第 2 部の少なくとも 1 つを有する複数のモデルに基づいて、入力情報に含まれる認識対象の認識結果を出力する学習済みモデルを生成することを含む。前記学習済みモデルの生成において、前記入力情報に関連した少なくとも 1 セットの第 1 情報に基づいて学習された、それぞれ前記第 1 部に相当する部分を有する複数のベースモデルが取得される。前記学習済みモデルの生成において、前記複数のベースモデルに接続された状態で前記入力情報に関連した少なくとも 1 セットの第 2 情報に基づいて学習された、それぞれ前記第 2 部に相当する部分を有するターゲットモデルが取得される。前記学習済みモデルの生成において、少なくとも前記第 2 部に相当する部分を有するター

ゲットモデルを有する学習済みモデルが生成される。

[0006] 本開示の一実施形態に係る推論装置は、それぞれ第1部及び第2部の少なくとも1つを有する複数のモデルに基づいて生成され、かつ入力情報に含まれる認識対象の認識結果を出力する学習済みモデルを備える。前記学習済みモデルは、少なくとも、それぞれ前記第2部に相当する部分を有するターゲットモデルを有する。それぞれ前記第2部に相当する部分を有するターゲットモデルは、それぞれ前記第1部に相当する部分を有する複数のベースモデルに接続された状態で前記入力情報に関連した少なくとも1セットの第2情報に基づいて学習することによって取得されたモデルである。それぞれ前記第1部に相当する部分を有する複数のベースモデルは、前記入力情報に関連した少なくとも1セットの第1情報に基づいて学習されたモデルである。

[0007] 本開示の一実施形態に係る学習済みモデル生成装置は、それぞれ第1部及び第2部の少なくとも1つを有する複数のモデルに基づいて、入力情報に含まれる認識対象の認識結果を出力する学習済みモデルを生成する制御部を備える。前記制御部は、前記学習済みモデルの生成において、前記入力情報に関連した少なくとも1セットの第1情報に基づいて学習された、それぞれ前記第1部に相当する部分を有する複数のベースモデルを取得する。前記制御部は、前記複数のベースモデルに接続された状態で前記入力情報に関連した少なくとも1セットの第2情報に基づいて学習された、それぞれ前記第2部に相当する部分を有するターゲットモデルを取得する。前記制御部は、少なくとも前記第2部に相当する部分を有するターゲットモデルを有する学習済みモデルを生成する。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]一実施形態に係る学習済みモデル生成システムの構成例を示すブロック図である。

[図2]学習済みモデルの構成例を示す図である。

[図3]学習によってバックボーンを異ならせた複数の予備モデルを生成する動作の一例を示す模式図である。

[図4]予備モデルのバックボーンを用いた学習によってヘッドを生成する動作の一例を示す模式図である。

[図5]学習によってヘッドを異ならせた複数の予備モデルを生成する動作の一例を示す模式図である。

[図6]予備モデルのヘッドを用いた学習によってバックボーンを生成する動作の一例を示す模式図である。

[図7]予備モデルの生成とヘッドの生成とをあわせて示す模式図である。

[図8]予備モデルの生成とバックボーンの生成とをあわせて示す模式図である。

[図9]学習済みモデル生成方法の手順例を示すフローチャートである。

[図10]ロボット制御システムの構成例を示す模式図である。

[図11]学習済みモデルが分岐モデルを含む構成例を示す図である。

[図12]2つに分かれた第2部の間に第1部が接続されているモデルの構成例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0009] (学習済みモデル生成システム1の構成例)

本開示の一実施形態に係る学習済みモデル生成システム1は、入力情報に含まれる認識対象の認識結果を出力する学習済みモデル50(図2等参照)を生成する。学習済みモデル生成システム1は、学習済みモデル50を生成するための準備として複数の予備モデルを生成し、各予備モデルの一部を接続したモデルについて学習することによってモデルを更新し、学習済みモデル50を生成する。学習済みモデル生成システム1は、複数の予備モデルを接続したモデルについて学習することによって、学習済みモデル50の推論の精度を向上できる。また、学習済みモデル生成システム1は、予備モデルの一部を利用して学習済みモデル50を生成することによって、学習済みモデル50を生成するための作業負荷を低減できる。なお、本明細書において、予備モデルは、ベースモデルとも称される。予備モデルを接続したモデルについて学習することによって生成したモデルは、ターゲットモデルとも称

される。

[0010] 図1に示されるように、本開示の一実施形態に係る学習済みモデル生成システム1は、予備モデル生成装置10と、学習済みモデル生成装置20とを備える。学習済みモデル生成システム1は、予備モデル生成装置10によって予備モデルを生成し、学習済みモデル生成装置20によって学習済みモデル50を生成する。予備モデル生成装置10と学習済みモデル生成装置20とは、別体の装置として構成されてもよいし、一体の装置として構成されてもよい。

[0011] 予備モデル生成装置10は、第1制御部12と、第1インタフェース14とを備える。学習済みモデル生成装置20は、第2制御部22と、第2インタフェース24とを備える。「第1」及び「第2」の記載は、単に、異なる装置それぞれに含まれる構成を区別するために付されている。第1制御部12及び第2制御部22は、単に制御部とも称される。第1インタフェース14及び第2インタフェース24は、単にインタフェースとも称される。

[0012] <制御部>

制御部は、種々の機能を実行するための制御及び処理能力を提供するために、少なくとも1つのプロセッサを含んで構成されてよい。プロセッサは、制御部の種々の機能を実現するプログラムを実行してよい。プロセッサは、単一の集積回路として実現されてよい。集積回路は、IC (Integrated Circuit) とも称される。プロセッサは、複数の通信可能に接続された集積回路及びディスクリート回路として実現されてよい。プロセッサは、他の種々の既知の技術に基づいて実現されてよい。

[0013] 制御部は、記憶部を備えてよい。記憶部は、磁気ディスク等の電磁記憶媒体を含んでよいし、半導体メモリ又は磁気メモリ等のメモリを含んでもよい。記憶部は、各種情報を格納する。記憶部は、制御部で実行されるプログラム等を格納する。記憶部は、非一時的な読み取り可能媒体として構成されてもよい。記憶部は、制御部のワークメモリとして機能してよい。記憶部の少なくとも一部は、制御部とは別体として構成されてもよい。

[0014] <インタフェース>

予備モデル生成装置 10 の第 1 インタフェース 14、及び、学習済みモデル生成装置 20 の第 2 インタフェース 24 は、互いに情報又はデータを入出力する。第 1 インタフェース 14 は、第 1 制御部 12 から取得した情報又はデータを学習済みモデル生成装置 20 に出力し、学習済みモデル生成装置 20 から取得した情報又はデータを第 1 制御部 12 に出力する。第 2 インタフェース 24 は、予備モデル生成装置 10 から取得した情報又はデータを第 2 制御部 22 に出力する。インタフェースは、有線又は無線で通信可能に構成される通信デバイスを含んで構成されてよい。インタフェースは、通信部とも称される。通信デバイスは、種々の通信規格に基づく通信方式で通信可能に構成されてよい。インタフェースは、既知の通信技術により構成することができる。

[0015] (学習済みモデル 50 の構成例)

図 2 に示されるように、学習済みモデル 50 は、第 1 学習済みモデル 51 と第 2 学習済みモデル 52 とを接続したモデルとして表される。第 1 学習済みモデル 51 は、バックボーンとも称される。第 2 学習済みモデル 52 は、ヘッドとも称される。バックボーンは、入力情報の特徴量を抽出した結果を出力するように構成される。特徴量は、例えば学習対象のエッジ又はパターン等の外観の特徴を数値として表す。バックボーンは、例えば畳み込み及びプーリングを含んでよい。ヘッドは、バックボーンの出力に基づいて入力情報についての所定の判断を行うように構成される。具体的に、ヘッドは、バックボーンが出力した入力情報の特徴量の抽出結果に基づいて、入力情報に含まれる認識対象の認識結果を出力してよい。ヘッドは、バックボーンによる特徴量の抽出結果を処理する全結合層を含んでよい。なお、ヘッドが畳み込み及びプーリングを含んでいてもよい。ヘッドは、所定の判断として、認識対象の認識を実行するように構成される。例えば、馬とシマウマとを見分けるタスクにおいて、特徴量は、体表面における縞模様の面積の割合を表すパラメータであり得る。所定の判断は、体表面における縞模様の面積の割合

を閾値と比較して認識対象が馬であるかシマウマであるか判断することであり得る。また、例えば、アワビとトコブシとを見分けるタスクにおいて、特徴量は、大きさ又は殻の穴の数を表すパラメータであり得る。所定の判断は、大きさ又は殻の穴の数を閾値と比較して認識対象がアワビであるかトコブシであるか判断することであり得る。

[0016] 学習済みモデル50は、複数の層を有するCNN (Convolution Neural Network) を含んで構成されてよい。学習済みモデル50に入力された情報に対して、CNNの各層において所定の重みづけ係数に基づく畳み込みが実行される。学習済みモデル50の学習において、重みづけ係数が更新される。学習済みモデル50は、全結合層を含んで構成されてよい。学習済みモデル50は、VGG16又はResNet50によって構成されてもよい。学習済みモデル50は、トランスフォーマとして構成されてもよい。学習済みモデル50は、これらの例に限られず、他の種々のモデルとして構成されてもよい。

[0017] (学習済みモデル生成システム1の動作例)

学習済みモデル生成システム1において、学習済みモデル生成装置20は、バックボーンとヘッドとを含む複数の予備モデルをあらかじめ生成又は取得する。学習済みモデル生成装置20は、学習済みモデル50のうちヘッドの部分の生成するために、1つの学習用のヘッドを準備する。学習済みモデル生成装置20は、1つの学習用のヘッドに対して、複数の予備モデルのそれぞれのバックボーンを順次、接続する。学習済みモデル生成装置20は、各予備モデルのバックボーンと学習用のヘッドとを接続したモデルについて学習を実行して学習用のヘッドを更新する。学習済みモデル生成装置20は、各予備モデルのバックボーンを学習用のヘッドに順次接続して各モデルについて学習を実行して学習用のヘッドを更新する。学習済みモデル生成装置20は、各予備モデルのバックボーンを接続したモデルについての学習を完了したときに得られた学習済みのヘッドを、学習済みモデル50のヘッドとして適用する。また、学習済みモデル生成装置20は、学習済みモデル50

のバックボーンを別途、生成又は取得する。学習済みモデル生成装置 20 は、学習済みのヘッドを別途生成又は取得したバックボーンに接続することによって学習済みモデル 50 を生成する。

[0018] 学習済みモデル生成装置 20 は、各予備モデルのヘッドの部分を順次接続したモデルについて学習することによって、学習済みモデル 50 のうちバックボーンの部分を生成してもよい。学習済みモデル生成装置 20 では、学習済みモデル 50 のバックボーンの部分及びヘッドの部分の両方ともについて、学習用のモデルに予備モデルを順次接続して学習を実行することによって、学習済みモデル 50 を生成してもよい。

[0019] 学習済みモデル生成装置 20 は、学習前モデルを学習によって更新して学習済みモデル 50 を生成するともいえる。学習前モデルは、第 1 学習済み予備モデル 41 に対応する第 1 学習前モデルと、第 2 学習済み予備モデル 42 に対応する第 2 学習前モデルとを接続したモデルである。学習済みモデル生成装置 20 は、第 1 学習前モデルの代わりに第 1 学習済み予備モデル 41 を第 2 学習前モデルに接続したモデルにおいて学習することによって、第 2 学習前モデルを更新して第 2 学習済みモデル 52 を生成してよい。学習済みモデル生成装置 20 は、第 2 学習前モデルの代わりに第 2 学習済み予備モデル 42 を第 1 学習前モデルに接続したモデルにおいて学習することによって、第 1 学習前モデルを更新して第 1 学習済みモデル 51 を生成してよい。

[0020] 本実施形態において、モデルは、第 1 部及び第 2 部の少なくとも 1 つを有するように構成される。つまり、ベースモデルは、第 1 部及び第 2 部の少なくとも 1 つを有するように構成される。学習前モデルの第 1 学習前モデルはモデルの第 1 部に相当する。学習前モデルの第 2 学習前モデルはモデルの第 2 部に相当する。学習済みモデル 50 の第 1 学習済みモデル 51 はモデルの第 1 部に相当する。学習済みモデル 50 の第 2 学習済みモデル 52 はモデルの第 2 部に相当する。

[0021] <複数のバックボーンを接続したモデルにおける学習に基づくヘッドの生成>

以下、学習済みモデル生成システム 1 において、予備モデルのバックボーンを学習用のヘッドに接続したモデルについて学習することによって学習済みモデル 50 のヘッドを生成する動作例が説明される。

[0022] 予備モデル生成装置 10 の第 1 制御部 12 は、図 3 に示されるように、複数の学習前予備モデル 301 ~ 30N をあらかじめ生成又は取得する。学習前予備モデル 301 ~ 30N は、学習前予備モデル 30 とも総称される。

[0023] 学習前予備モデル 301 は、第 1 学習前予備モデル 311 と第 2 学習前予備モデル 321 とを含む。学習前予備モデル 30N は、第 1 学習前予備モデル 31N と第 2 学習前予備モデル 32N とを含む。学習前予備モデル 30 の第 1 学習前予備モデル 311 ~ 31N はモデルの第 1 部に相当する。学習前予備モデル 30 の第 2 学習前予備モデル 321 ~ 32N はモデルの第 2 部に相当する。図 3 において、第 1 学習前予備モデル 311 における CNN の層の構成又は各層のフィルタサイズと、第 1 学習前予備モデル 31N における CNN の層の構成又は各層のフィルタサイズとが互いに異なるとする。つまり、第 1 学習前予備モデル 311 ~ 31N それぞれにおける CNN の層の構成又は各層のフィルタサイズが互いに異なるとする。フィルタサイズは、CNN において畳み込み（ダウンサンプリング）又は転置畳み込み（アップサンプリング）を実行するために用いるフィルタのサイズを意味する。第 1 学習前予備モデル 311 ~ 31N それぞれのモデル構成は、互いに異なってよいし同じであってもよい。また、図 3 において、第 2 学習前予備モデル 321 における全結合の層の構成又は各層のパラメータサイズと、第 2 学習前予備モデル 32N における全結合の層の構成又は各層のパラメータサイズとが同じであるとする。つまり、第 2 学習前予備モデル 321 ~ 32N それぞれにおける全結合の層の構成又は各層のパラメータサイズが同じであるとする。第 2 学習前予備モデル 321 ~ 32N それぞれにおける全結合の層の構成又は各層のパラメータサイズが互いに異なっていてもよい。パラメータサイズは、全結合の層を構成するユニットの数などを指す。第 2 学習前予備モデル 321 ~ 32N それぞれのモデル構成は、互いに異なってよいし同じであ

ってもよい。

[0024] 第1制御部12は、学習済みモデル50に入力される入力情報と同一又は関連した第1情報を学習用データとして各学習前予備モデル30について学習する。第1情報は、複数の学習用画像を1セットとして構成されてよい。第1制御部12は、各学習前予備モデル30について、同じセットの第1情報を学習用データとして学習してもよいし、異なるセットの第1情報を学習用データとして学習してもよい。つまり、第1制御部12は、少なくとも1セットの第1情報に基づいて学習前予備モデル30の学習を実行してよい。第1制御部12は、学習によって各学習前予備モデル30を更新し、複数の学習済み予備モデル401～40Nを生成する。学習済み予備モデル401～40Nは、学習済み予備モデル40とも総称される。学習用データは、いわゆる教師あり学習で用いる教師データを含んでよい。学習用データは、いわゆる教師なし学習で用いる、学習を実行する装置自身で生成するデータを含んでよい。

[0025] 学習済み予備モデル401は、第1学習済み予備モデル411と第2学習済み予備モデル421とを含む。学習済み予備モデル40Nは、第1学習済み予備モデル41Nと第2学習済み予備モデル42Nとを含む。学習済み予備モデル40の第1学習済み予備モデル411～41Nはベースモデルの第1部に相当する。学習済み予備モデル40の第2学習済み予備モデル421～42Nはベースモデルの第2部に相当する。第1学習済み予備モデル411～41NにおけるCNNの層の構成又は各層のフィルタサイズは、第1学習前予備モデル311～31NにおけるCNNの層の構成又は各層のフィルタサイズと同じである。第2学習済み予備モデル421～42Nにおける全結合の層の構成又は各層のパラメータサイズは、第2学習前予備モデル321～32Nにおける全結合の層の構成又は各層のパラメータサイズと同じである。

[0026] 学習済みモデル生成装置20の第2制御部22は、予備モデルとして、学習済み予備モデル40を予備モデル生成装置10から取得する。予備モデル

生成装置 10 は、第 1 インタフェース 14 を介して学習済み予備モデル 40 を学習済みモデル生成装置 20 に出力してよい。学習済みモデル生成装置 20 は、第 2 インタフェース 24 を介して学習済み予備モデル 40 を予備モデル生成装置 10 から取得してよい。

[0027] 第 2 制御部 22 は、学習済みモデル 50 に入力される入力情報と同一又は関連した第 2 情報を学習用データとして、各予備モデルのバックボーンと学習用のヘッドとを接続したモデルについて学習を実行する。各予備モデルのバックボーンは、ベースモデルの第 1 部に相当する。学習用のヘッドは、ターゲットモデルの第 2 部に相当する。第 2 情報は、第 1 情報と同じであってもよいし異なってもよい。第 2 情報は、複数の学習用画像を 1 セットとして構成されてよい。第 2 制御部 22 は、各予備モデルのバックボーンと学習用のヘッドとを接続した各モデルに対して、同じセットの第 2 情報を学習用データとして学習してよいし、異なるセットの第 2 情報を学習用データとして学習してもよい。また、第 2 制御部 22 は、1 セットの第 2 情報をさらに小さい小集団に分割して、学習用のヘッドに対して接続するバックボーンを変更するたびに異なる小集団を学習用データとして学習してよい。第 2 制御部 22 は、学習用のヘッドに対して接続するバックボーンを変更したときに同じ小集団を学習用データとして学習してもよい。つまり、第 2 制御部 22 は、少なくとも 1 セットの第 2 情報に基づいて各予備モデルのバックボーンと学習用のヘッドとを接続したモデルの学習を実行してよい。なお、学習済みモデル 50 の学習に用いる第 2 情報の情報量は、予備モデルの学習に用いる第 1 情報の情報量以下になってもよい。なお、情報量とは、例えば第 2 情報中に含まれる学習用画像の数などを指す。

[0028] 具体的に、第 2 制御部 22 は、図 4 に示されるように、各予備モデルのバックボーン（第 1 学習済み予備モデル 411～41N）を転移して第 2 学習前モデル 520 又は第 2 学習中モデル 521～52（N－1）に接続したモデルについて学習を順次実行する。第 2 制御部 22 は、以下の手順で学習を実行してよい。第 2 制御部 22 は、第 1 学習済み予備モデル 411 と第 2 学

習前モデル520とを接続したモデルについて学習を実行し、第2学習前モデル520を第2学習中モデル521に更新する。第2制御部22は、第1学習済み予備モデル412と前のステップで更新した第2学習中モデル521とを接続したモデルについて学習を実行し、第2学習中モデル521を第2学習中モデル522に更新する。第2制御部22は、第1学習済み予備モデル41Nと前のステップで更新した第2学習中モデル52(N-1)とを接続したモデルについて学習を実行し、第2学習中モデル52(N-1)を第2学習済みモデル52Nに更新する。

[0029] 第2制御部22は、以上述べてきた手順を実行することによって、第2学習済みモデル52Nを生成する。第2制御部22は、第2学習済みモデル52Nを第2学習済みモデル52(学習済みモデル50のヘッド)として適用する。ベースモデルの第1部に接続して学習することによって生成された第2学習済みモデル52Nは、ターゲットモデルの第2部に相当する。

[0030] <複数のヘッドを接続したモデルにおける学習に基づくバックボーンの生成>

以下、学習済みモデル生成システム1において、予備モデルのヘッドを学習用のバックボーンに接続したモデルについて学習することによって学習済みモデル50のバックボーンを生成する動作例が説明される。

[0031] 予備モデル生成装置10の第1制御部12は、図5に示されるように、複数の学習前予備モデル301~30Nをあらかじめ生成又は取得する。図5において、第2学習前予備モデル321における全結合の層の構成又は各層のパラメータサイズと、第2学習前予備モデル32Nにおける全結合の層の構成又は各層のパラメータサイズとが互いに異なるとする。つまり、第2学習前予備モデル321~32Nそれぞれにおける全結合の層の構成又は各層のパラメータサイズが互いに異なるとする。また、図5において、第1学習前予備モデル311におけるCNNの層の構成又は各層のフィルタサイズと、第1学習前予備モデル31NにおけるCNNの層の構成又は各層のフィルタサイズとが同じであるとする。つまり、第1学習前予備モデル311~3

1 NそれぞれにおけるCNNの層の構成又は各層のフィルタサイズが同じであるとする。第1学習前予備モデル311～31NそれぞれにおけるCNNの層の構成又は各層のフィルタサイズが互いに異なってもよい。

[0032] 第1制御部12は、学習済みモデル50に入力される入力情報と同一又は関連した第1情報を学習用データとして各学習前予備モデル30について学習する。第1制御部12は、学習によって各学習前予備モデル30を更新し、複数の学習済み予備モデル401～40Nを生成する。各学習済み予備モデル40の全結合若しくはCNNの層の構成又は各層のパラメータサイズ若しくはフィルタサイズは、各学習前予備モデル30の全結合若しくはCNNの層の構成又は各層のパラメータサイズ若しくはフィルタサイズと同じである。

[0033] 学習済みモデル生成装置20の第2制御部22は、予備モデルとして、学習済み予備モデル40を予備モデル生成装置10から取得する。第2制御部22は、学習済みモデル50に入力される入力情報と同一又は関連した第3情報を学習用データとして、各予備モデルのヘッドと学習用のバックボーンとを接続したモデルについて学習を実行する。各予備モデルのヘッドは、ベースモデルの第2部に相当する。学習用のバックボーンは、ターゲットモデルの第1部に相当する。第3情報は、第1情報又は第2情報と同じであってもよいし異なってもよい。第3情報は、複数の学習用画像を1セットとして構成されてよい。第2制御部22は、各予備モデルのヘッドと学習用のバックボーンとを接続した各モデルに対して、同じセットの第3情報を学習用データとして学習してよいし、異なるセットの第3情報を学習用データとして学習してもよい。また、第2制御部22は、1セットの第3情報をさらに小さい小集団に分割して、学習用のバックボーンに対して接続するヘッドを変更するたびに異なる小集団を学習用データとして学習してよい。第2制御部22は、学習用のバックボーンに対して接続するヘッドを変更したときに同じ小集団を学習用データとして学習してもよい。つまり、第2制御部22は、少なくとも1セットの第3情報に基づいて各予備モデルのヘッドと学習用

のバックボーンとを接続したモデルの学習を実行してよい。なお、学習済みモデル50の学習に用いる第3情報の情報量は、予備モデルの学習に用いる第1情報の情報量以下になっていてもよい。なお、情報量とは、例えば第2情報に含まれる学習用画像の数などを指す。

[0034] 具体的に、第2制御部22は、図6に示されるように、各予備モデルのヘッド（第2学習済み予備モデル421～42N）を転移して第1学習前モデル510又は第1学習中モデル511～51（N-1）に接続したモデルについて学習を順次実行する。第2制御部22は、以下の手順で学習を実行してよい。第2制御部22は、第2学習済み予備モデル421と第1学習前モデル510とを接続したモデルについて学習を実行し、第1学習前モデル510を第1学習中モデル511に更新する。第2制御部22は、第2学習済み予備モデル422と前のステップで更新した第1学習中モデル511とを接続したモデルについて学習を実行し、第1学習中モデル511を第1学習中モデル512に更新する。第2制御部22は、第2学習済み予備モデル42Nと前のステップで更新した第1学習中モデル51（N-1）とを接続したモデルについて学習を実行し、第1学習中モデル51（N-1）を第1学習済みモデル51Nに更新する。

[0035] 第2制御部22は、以上述べてきた手順を実行することによって、第1学習済みモデル51Nを生成する。第2制御部22は、第1学習済みモデル51Nを第1学習済みモデル51（学習済みモデル50のバックボーン）として適用する。ベースモデルの第2部に接続して学習することによって生成された第1学習済みモデル51Nは、ターゲットモデルの第1部に相当する。

[0036] <学習済みモデル50の生成>

学習済みモデル生成装置20の第2制御部22は、第1学習済みモデル51と第2学習済みモデル52とを接続して学習済みモデル50を生成する。

[0037] 第2制御部22は、第2学習済みモデル52（ヘッド）を予備モデルに基づいて生成した場合、生成した第2学習済みモデル52に第1学習済みモデル51（バックボーン）を接続して学習済みモデル50を生成する。第2制

御部 2 2 は、第 1 学習済みモデル 5 1 を別の手段で生成してもよいし、他の装置から取得してもよい。第 2 制御部 2 2 は、第 1 学習済みモデル 5 1 として複数の第 1 学習済み予備モデル 4 1 の中の少なくとも 1 つを取得してもよい。

[0038] 第 2 制御部 2 2 は、第 1 学習済みモデル 5 1（バックボーン）を予備モデルに基づいて生成した場合、生成した第 1 学習済みモデル 5 1 に第 2 学習済みモデル 5 2（ヘッド）を接続して学習済みモデル 5 0 を生成する。第 2 制御部 2 2 は、第 2 学習済みモデル 5 2 を別の手段で生成してもよいし、他の装置から取得してもよい。第 2 制御部 2 2 は、第 2 学習済みモデル 5 2 として複数の第 2 学習済み予備モデル 4 2 の中の少なくとも 1 つを取得してもよい。

[0039] 第 2 制御部 2 2 は、第 1 学習済みモデル 5 1（バックボーン）及び第 2 学習済みモデル 5 2（ヘッド）を両方とも予備モデルに基づいて生成してよい。第 2 制御部 2 2 は、予備モデルに基づいて生成した第 1 学習済みモデル 5 1 と第 2 学習済みモデル 5 2 とを接続して学習済みモデル 5 0 を生成する。

[0040] 第 2 制御部 2 2 は、第 1 学習済み予備モデル 4 1 に接続して学習することによって生成した第 2 学習済みモデル 5 2 を単独で含む学習済みモデル 5 0 を生成してもよい。第 2 制御部 2 2 は、第 2 学習済み予備モデル 4 2 に接続して学習することによって生成した第 1 学習済みモデル 5 1 を単独で含む学習済みモデル 5 0 を生成してもよい。

[0041] <小括>

学習済みモデル生成システム 1 は、予備モデル生成装置 1 0 で予備モデルを生成し、学習済みモデル生成装置 2 0 で予備モデルに基づいて学習済みモデル 5 0 を生成する。学習済みモデル生成システム 1 は、図 7 及び図 8 に示されるように、予備モデル生成装置 1 0 で第 1 情報を学習用データとして学習することによって第 1 学習済み予備モデル 4 1 と第 2 学習済み予備モデル 4 2 とを含む学習済み予備モデル 4 0 を生成する。

[0042] 学習済みモデル生成システム 1 は、図 7 に示されるように、第 1 学習済み

予備モデル41を学習済みモデル生成装置20に転移してよい。学習済みモデル生成装置20は、第1学習済み予備モデル411～41Nそれぞれを第2学習前モデル520又は第2学習中モデル521～52(N-1)に接続したモデルにおいて第2情報を学習用データとして学習することによって第2学習中モデル521～52(N-1)又は第2学習済みモデル52Nを生成してよい。

[0043] 学習済みモデル生成システム1は、図8に示されるように、第2学習済み予備モデル42を学習済みモデル生成装置20に転移してよい。学習済みモデル生成装置20は、第2学習済み予備モデル421～42Nそれぞれを第1学習前モデル510又は第1学習中モデル511～51(N-1)に接続したモデルにおいて第3情報を学習用データとして学習することによって第1学習中モデル511～51(N-1)又は第1学習済みモデル51Nを生成してよい。

[0044] 学習済みモデル生成装置20は、生成した第2学習済みモデル52Nを第2学習済みモデル52として適用してよい。学習済みモデル生成装置20は、第2学習中モデル521～52(N-1)のいずれかを第2学習済みモデル52として適用してもよい。学習済みモデル生成装置20は、生成した第1学習済みモデル51Nを第1学習済みモデル51として適用してよい。学習済みモデル生成装置20は、第1学習中モデル511～51(N-1)のいずれかを第1学習済みモデル51として適用してもよい。

[0045] 学習済みモデル生成装置20は、生成した第2学習済みモデル52に第1学習済みモデル51を接続して学習済みモデル50を生成する。学習済みモデル生成装置20は、生成した第2学習済みモデル52に接続する第1学習済みモデル51を、複数の第1学習済み予備モデル41の中から選択してもよい。学習済みモデル生成装置20は、生成した第2学習済みモデル52に接続する第1学習済みモデル51を、外部装置から取得してもよい。学習済みモデル生成装置20は、生成した第1学習済みモデル51に第2学習済みモデル52を接続して学習済みモデル50を生成する。学習済みモデル生成

装置 20 は、生成した第 1 学習済みモデル 51 に接続する第 2 学習済みモデル 52 を、複数の第 2 学習済み予備モデル 42 の中から選択してもよい。学習済みモデル生成装置 20 は、生成した第 1 学習済みモデル 51 に接続する第 2 学習済みモデル 52 を、外部装置から取得してもよい。学習済みモデル生成装置 20 は、生成した第 1 学習済みモデル 51 と生成した第 2 学習済みモデル 52 とを接続して学習済みモデル 50 を生成してもよい。

[0046] <学習済みモデル 50 の生成方法の手順例>

学習済みモデル生成装置 20 は、図 9 に例示されるフローチャートの手順を含む学習済みモデル 50 の生成方法を実行してもよい。学習済みモデル 50 の生成方法は、学習済みモデル生成装置 20 の第 2 制御部 22 を構成するプロセッサに実行させる学習済みモデル 50 の生成プログラムとして実現されてもよい。学習済みモデル 50 の生成プログラムは、非一時的なコンピュータ読み取り可能な媒体に格納されてよい。

[0047] 第 2 制御部 22 は、予備モデル生成装置 10 から複数の学習済み予備モデル 40 を取得する（ステップ S1）。第 2 制御部 22 は、各学習済み予備モデル 40 の第 1 学習済み予備モデル 41 と第 2 学習前モデル 520 とを接続したモデルを生成する（ステップ S2）。第 2 制御部 22 は、ステップ S2 で生成したモデルについて学習することによって第 2 学習前モデル 520 を更新し、第 2 学習中モデル 521 を生成する（ステップ S3）。

[0048] 第 2 制御部 22 は、複数の学習済み予備モデル 40 の第 1 学習済み予備モデル 41 を全て接続したか判定する（ステップ S4）。第 2 制御部 22 は、第 1 学習済み予備モデル 41 を全て接続していない場合（ステップ S4：N）、ステップ S2 の手順に戻り、まだ接続していない第 1 学習済み予備モデル 41 を第 2 学習中モデル 521～52（N－1）に接続したモデルを生成する。また、第 2 制御部 22 は、ステップ S3 の手順で第 2 学習中モデル 521～52（N－1）を更新し、第 2 学習中モデル 522～52（N－1）又は第 2 学習済みモデル 52N を生成する。

[0049] 第 2 制御部 22 は、第 1 学習済み予備モデル 41 を全て接続した場合（ス

テップS4：YES)、各学習済み予備モデル40の第2学習済み予備モデル42と第1学習前モデル510とを接続したモデルを生成する(ステップS5)。第2制御部22は、ステップS5で生成したモデルについて学習することによって第1学習前モデル510を更新し、第1学習中モデル511を生成する(ステップS6)。

[0050] 第2制御部22は、複数の学習済み予備モデル40の第2学習済み予備モデル42を全て接続したか判定する(ステップS7)。第2制御部22は、第2学習済み予備モデル42を全て接続していない場合(ステップS7：NO)、ステップS5の手順に戻り、まだ接続していない第2学習済み予備モデル42を第1学習中モデル511～51(N-1)に接続したモデルを生成する。また、第2制御部22は、ステップS6の手順で第1学習中モデル511～51(N-1)を更新し、第1学習中モデル512～51(N-1)又は第1学習済みモデル51Nを生成する。

[0051] 第2制御部22は、第2学習済み予備モデル42を全て接続した場合(ステップS7：YES)、第1学習済みモデル51と第2学習済みモデル52とを接続して学習済みモデル50を生成する(ステップS8)。具体的に、第2制御部22は、ステップS2及びS3の手順で更新して生成した第1学習済みモデル51Nを第1学習済みモデル51として適用する。第2制御部22は、ステップS5及びS6の手順で更新して生成した第2学習済みモデル52Nを第2学習済みモデル52として適用する。第2制御部22は、ステップS8の手順の実行後、図9のフローチャートの手順の実行を終了する。第2制御部22は、ステップS4の手順の実行後、ステップS5からS7までの手順を実行せずにステップS8の手順に進んでもよい。第2制御部22は、ステップS1の手順の実行後、ステップS2からS4までの手順を実行せずにステップS5の手順に進んでもよい。

[0052] 以上述べてきたように、本実施形態に係る学習済みモデル生成システム1及び学習済みモデル生成装置20は、複数の予備モデルを生成し、各予備モデルを用いて学習済みモデル50を生成する。学習済みモデル生成装置20

は、学習済みモデル50の一部である第1学習済みモデル51又は第2学習済みモデル52に対応する学習中モデルに対して複数の予備モデルの一部を接続したモデルを生成する。学習済みモデル生成装置20は、生成したモデルについて学習し、学習中モデルを更新することによって第1学習済みモデル51又は第2学習済みモデル52を生成する。学習済みモデル生成装置20は、生成した第1学習済みモデル51又は第2学習済みモデル52を用いて学習済みモデル50を生成する。複数の予備モデルに接続されたモデルについて学習することによって、種々の認識対象における認識精度が平均的に向上し得る。その結果、学習済みモデル50を用いた認識における認識精度が向上され得る。

[0053] (同一又は関連する情報の意味)

本実施形態に係る学習済みモデル生成システム1は、学習用データとして、学習済みモデル50に入力する入力情報と同一又は関連する情報を用いる。入力情報と同一又は関連する情報は、入力情報を受け付ける学習済みモデル50が実行するタスクと同一又は関連するタスクの情報であってよい。例えば、タスクが画像に含まれる哺乳類の分類である場合、入力情報の一例としては、哺乳類を含む生物が描かれた画像となる。そして、入力情報と同一のタスクの情報として生成される学習対象に関する情報とは、哺乳類の画像である。また、入力情報と関連するタスクの情報として生成される学習対象に関する情報とは、例えば爬虫類の画像である。

[0054] タスクは、例えば、入力情報に含まれる認識対象を少なくとも2種類に分類する分類タスクを含んでよい。分類タスクは、例えば認識対象が犬であるか猫であるかを区別するタスク、又は、認識対象が牛であるか馬であるかを区別するタスクに細分化され得る。タスクは、分類タスクに限られず、他の種々の動作を実現するタスクを含んでよい。タスクは、特定の対象物に属する画素から判定するセグメンテーションを含んでよい。タスクは、内包する矩形領域を検出する物体検出を含んでよい。タスクは、対象物の姿勢推定を含んでよい。タスクは、ある特徴点を見つけるキーポイント検出を含んでよい。

い。

[0055] ここで、入力情報と学習対象に関する情報とが両方とも分類タスクの情報である場合、入力情報と学習対象に関する情報との間の関係は、関連するタスクの情報になっているとする。さらに、入力情報と学習対象に関する情報とが両方とも、認識対象が犬であるか猫であるかを区別するタスクの情報である場合、入力情報と学習対象に関する情報との間の関係は、同一のタスクの情報になっているとする。入力情報と学習対象に関する情報との間の関係は、これらの例に限られず、種々の条件で定められ得る。

[0056] (他の実施形態)

以下、他の実施形態が説明される。

[0057] (第1情報と第2情報又は第3情報とを異ならせる場合)

学習済みモデル生成装置20の第2制御部22は、学習の学習用データとして用いる第2情報又は第3情報を、予備モデルを生成するための学習の学習用データとして用いられた第1情報と異ならせてよい。例えば、予備モデルを生成するための学習の学習用データとしての第1情報が工業部品を認識する情報であった場合、第2制御部22は、工業部品のうちネジだけに特化してネジの細かい種類を認識する情報を、第2情報又は第3情報として用いてよい。例えば、予備モデルを生成するための学習の学習用データとしての第1情報が動物を認識する情報であった場合、第2制御部22は、動物のうち犬だけに特化して犬の細かい種類を認識する情報を、第2情報又は第3情報として用いてよい。工業部品又は動物等の広い分類で認識する学習済みモデル50は、汎用モデルとも称される。ネジの種類又は犬の種類等の狭い分類で認識する学習済みモデル50は、専用モデルとも称される。

[0058] 第2制御部22は、第2情報又は第3情報の粒度を、第1情報の粒度よりも小さくしてよい。情報の粒度は、認識対象の分類の細かさを意味する。例えば、学習済みモデル50が工業部品を認識対象として認識すると仮定する。工業部品をネジ、ナット、ワッシャ又はブラケット等に分類する情報の粒度は、ネジを長さ又は径等で分類する情報の粒度よりも大きい。言い換えれ

ば、情報の粒度は、認識対象の大分類、中分類、又は小分類に応じて異なる。学習用データとして用いる情報の粒度が小さいほど、学習済みモデル50は認識対象の細かい違いを認識できる。一方で、学習用データとして用いる情報の粒度が小さすぎる場合、学習済みモデル50は認識対象の大きい違いを認識できなくなり得る。例えば、ネジの長さ又は径の違いを認識できる学習済みモデル50は、ネジとナットとの違いを認識できなくなり得る。大きい粒度の情報を学習用データとする学習によって生成された学習済みモデル50は、汎用モデルに対応する。小さい粒度の情報を学習用データとする学習によって生成された学習済みモデル50は、専用モデルに対応する。

[0059] (学習済みモデル50の評価及び再生成)

学習済みモデル生成装置20の第2制御部22は、生成した学習済みモデル50によって認識対象の認識精度を評価してよい。第2制御部22は、認識精度の評価結果に基づいて学習済みモデル50を生成しなおしてもよい。

[0060] 具体的に、第2制御部22は、生成した学習済みモデル50に入力情報を入力したときに学習済みモデル50から出力される認識結果を取得する。第2制御部22は、正しい認識結果がわかっている情報を入力情報として学習済みモデル50に入力し、得られた認識結果が正しい認識結果と一致する割合（正解率）を評価してよい。第2制御部22は、正解率を評価値として算出してよい。この場合、評価値が高いほど学習済みモデル50の認識精度が高い。第2制御部22は、評価値が所定の閾値以上である場合、生成した学習済みモデル50の認識精度が十分であると判定してよい。第2制御部22は、評価値が所定の閾値未満である場合、生成した学習済みモデル50の認識精度が不十分であると判定してよい。

[0061] 学習済みモデル50の認識精度が不十分である場合、学習済みモデル生成システム1は、学習済みモデル50を生成しなおしてよい。第2制御部22は、学習済みモデル50を生成しなおす場合に、学習済みモデル50を生成しなおす前に実行した学習において学習用データとして用いた第2情報又は第3情報を変更してよい。

[0062] 一方、第2制御部22は、学習済みモデル50を生成しなおす前に実行した学習において学習用データとして用いた第2情報又は第3情報を変更せず、同じ情報を学習用データとして学習してもよい。この場合、第2制御部22は、学習用のモデルに接続する予備モデルと第2情報又は第3情報のセットとの組み合わせを、学習済みモデル50を生成しなおす前に実行した学習に用いた学習用データにおける組み合わせから変更してよい。また、第2制御部22は、第2情報又は第3情報を小集団に分割する場合、学習用のモデルに接続する予備モデルと第2情報又は第3情報の小集団との組み合わせを、学習済みモデル50を生成しなおす前に実行した学習に用いた学習用データにおける組み合わせから変更してよい。第2制御部22は、学習用のモデルと予備モデルとの組み合わせを変更する順番に対して、学習用データとして用いる情報の順番を変更してよい。つまり、第2制御部22は、学習用データとして用いる情報の順番をシャッフルしてよい。第2制御部22は、学習済みモデル50の認識精度が所定の精度以上になるまで、学習用データとして用いる情報を変更したり学習用のモデルと予備モデルとの組み合わせに対して学習用データとして用いる情報の順番を変更したりして学習済みモデル50を生成しなおしてよい。

[0063] また、第2制御部22は、第2情報又は第3情報を変更せず、同じ情報を学習用データとして学習する場合、第2情報又は第3情報の小集団の構成を変更してよい。すなわち、第2制御部22は、同じ学習データのセットを使用しつつも、小集団の内容を変更して、学習済みモデル50を生成しなおしてよい。

[0064] なお、学習済みモデル50の評価及び再生成の手法は、第1情報を用いた学習においても適用されてよい。

[0065] ターゲットモデルとして生成した学習済みモデル50において、認識精度が悪い対象が存在する場合、第2制御部22は、ターゲットモデルを再学習によって生成してよい。この場合、第2制御部22は、予備モデル（ベースモデル）を用いずに、新たな学習用データに基づいて学習することによって

、新たなターゲットモデルとして学習済みモデル50を生成し直してよい。
なお、新たな学習用データは、第4情報とも称される。第4情報は、入力情報と同一又は関連した情報であればよい。

[0066] (ロボット制御システム100の構成例)

図10に示されるように、一実施形態に係るロボット制御システム100は、ロボット2と、ロボット制御装置110とを備える。本実施形態において、ロボット2は、作業対象物8を作業開始地点6から作業目標地点7へ移動させるとする。つまり、ロボット制御装置110は、作業対象物8が作業開始地点6から作業目標地点7へ移動するようにロボット2を制御する。作業対象物8は、作業対象とも称される。ロボット制御装置110は、ロボット2が作業を実施する空間に関する情報に基づいて、ロボット2を制御する。空間に関する情報は、空間情報とも称される。

[0067] <ロボット2>

ロボット2は、アーム2Aと、エンドエフェクタ2Bとを備える。アーム2Aは、例えば、6軸又は7軸の垂直多関節ロボットとして構成されてよい。アーム2Aは、3軸又は4軸の水平多関節ロボット又はスカラロボットとして構成されてもよい。アーム2Aは、2軸又は3軸の直交ロボットとして構成されてもよい。アーム2Aは、パラレルリンクロボット等として構成されてもよい。アーム2Aを構成する軸の数は、例示したものに限られない。言い換えれば、ロボット2は、複数の関節で接続されるアーム2Aを有し、関節の駆動によって動作する。

[0068] エンドエフェクタ2Bは、例えば、作業対象物8を把持できるように構成される把持ハンドを含んでよい。把持ハンドは、複数の指を有してよい。把持ハンドの指の数は、2つ以上であってよい。把持ハンドの指は、1つ以上の関節を有してよい。エンドエフェクタ2Bは、作業対象物8を吸着できるように構成される吸着ハンドを含んでもよい。エンドエフェクタ2Bは、作業対象物8を掴うことができるように構成される掴みハンドを含んでもよい。エンドエフェクタ2Bは、ドリル等の工具を含み、作業対象物8に穴を開

ける作業等の種々の加工を実施できるように構成されてもよい。エンドエフェクタ 2 B は、これらの例に限られず、他の種々の動作ができるように構成されてよい。図 10 に例示される構成において、エンドエフェクタ 2 B は、把持ハンドを含むとする。

[0069] ロボット 2 は、アーム 2 A を動作させることによって、エンドエフェクタ 2 B の位置を制御できる。エンドエフェクタ 2 B は、作業対象物 8 に対して作用する方向の基準となる軸を有してもよい。エンドエフェクタ 2 B が軸を有する場合、ロボット 2 は、アーム 2 A を動作させることによって、エンドエフェクタ 2 B の軸の方向を制御できる。ロボット 2 は、エンドエフェクタ 2 B が作業対象物 8 に作用する動作の開始及び終了を制御する。ロボット 2 は、エンドエフェクタ 2 B の位置、又は、エンドエフェクタ 2 B の軸の方向を制御しつつ、エンドエフェクタ 2 B の動作を制御することによって、作業対象物 8 を動かしたり加工したりすることができる。図 10 に例示される構成において、ロボット 2 は、作業開始地点 6 でエンドエフェクタ 2 B に作業対象物 8 を把持させ、エンドエフェクタ 2 B を作業目標地点 7 へ移動させる。ロボット 2 は、作業目標地点 7 でエンドエフェクタ 2 B に作業対象物 8 を解放させる。このようにすることで、ロボット 2 は、作業対象物 8 を作業開始地点 6 から作業目標地点 7 へ移動させることができる。

[0070] <センサ 3>

図 10 に示されるように、ロボット制御システム 100 は、更にセンサ 3 を備える。センサ 3 は、ロボット 2 の物理情報を検出する。ロボット 2 の物理情報は、ロボット 2 の各構成部の現実の位置若しくは姿勢、又は、ロボット 2 の各構成部の速度若しくは加速度に関する情報を含んでよい。ロボット 2 の物理情報は、ロボット 2 の各構成部に作用する力に関する情報を含んでよい。ロボット 2 の物理情報は、ロボット 2 の各構成部を駆動するモータに流れる電流又はモータのトルクに関する情報を含んでよい。ロボット 2 の物理情報は、ロボット 2 の実際の動作の結果を表す。つまり、ロボット制御システム 100 は、ロボット 2 の物理情報を取得することによって、ロボット

2 の実際の動作の結果を把握することができる。

[0071] センサ 3 は、ロボット 2 の物理情報として、ロボット 2 に作用する力、分布圧、若しくはすべり等を検出する力覚センサ又は触覚センサを含んでよい。センサ 3 は、ロボット 2 の物理情報として、ロボット 2 の位置若しくは姿勢、又は、速度若しくは加速度を検出するモーションセンサを含んでよい。センサ 3 は、ロボット 2 の物理情報として、ロボット 2 を駆動するモータに流れる電流を検出する電流センサを含んでよい。センサ 3 は、ロボット 2 の物理情報として、ロボット 2 を駆動するモータのトルクを検出するトルクセンサを含んでよい。

[0072] センサ 3 は、ロボット 2 の関節、又は、関節を駆動する関節駆動部に設置されてよい。センサ 3 は、ロボット 2 のアーム 2 A 又はエンドエフェクタ 2 B に設置されてもよい。

[0073] センサ 3 は、検出したロボット 2 の物理情報をロボット制御装置 110 に出力する。センサ 3 は、所定のタイミングでロボット 2 の物理情報を検出して出力する。センサ 3 は、ロボット 2 の物理情報を時系列データとして出力する。

[0074] <カメラ 4>

図 10 に示される構成例において、ロボット制御システム 100 は、2 台のカメラ 4 を備えとする。カメラ 4 は、ロボット 2 の動作に影響を及ぼす可能性がある影響範囲 5 に位置する物品又は人間等を撮影する。カメラ 4 が撮影する画像は、モノクロの輝度情報を含んでもよいし、RGB (Red, Green and Blue) 等で表される各色の輝度情報を含んでもよい。影響範囲 5 は、ロボット 2 の動作範囲を含む。影響範囲 5 は、ロボット 2 の動作範囲を更に外側に広げた範囲であるとする。影響範囲 5 は、ロボット 2 の動作範囲の外側から動作範囲の内側へ向かって移動する人間等がロボット 2 の動作範囲の内側に入るまでにロボット 2 を停止できるように設定されてよい。影響範囲 5 は、例えば、ロボット 2 の動作範囲の境界から所定距離だけ外側まで拡張された範囲に設定されてもよい。カメラ 4 は、ロボット 2 の影響範囲 5 若し

くは動作範囲又はこれらの周辺の領域を俯瞰的に撮影できるように設置されてもよい。カメラ4の数は、2つに限られず、1つであってもよいし、3つ以上であってもよい。

[0075] <ロボット制御装置110>

ロボット制御装置110は、学習済みモデル生成装置20で生成された学習済みモデル50を取得する。ロボット制御装置110は、カメラ4で撮影した画像と学習済みモデル50とに基づいて、ロボット2が作業を実施する空間に存在する、作業対象物8、又は作業開始地点6若しくは作業目標地点7等を認識する。言い換えれば、ロボット制御装置110は、カメラ4で撮影した画像に基づいて作業対象物8等を認識するために生成された学習済みモデル50を取得する。ロボット制御装置110は、推論装置とも称される。

[0076] ロボット制御装置110は、種々の機能を実行するための制御及び処理能力を提供するために、少なくとも1つのプロセッサを含んで構成されてよい。ロボット制御装置110の各構成部は、少なくとも1つのプロセッサを含んで構成されてもよい。ロボット制御装置110の各構成部のうち複数の構成部が1つのプロセッサで実現されてもよい。ロボット制御装置110の全体が1つのプロセッサで実現されてもよい。プロセッサは、ロボット制御装置110の種々の機能を実現するプログラムを実行しうる。プロセッサは、単一の集積回路として実現されてよい。集積回路は、IC (Integrated Circuit) とも称される。プロセッサは、複数の通信可能に接続された集積回路及びディスクリート回路として実現されてよい。プロセッサは、他の種々の既知の技術に基づいて実現されてよい。

[0077] ロボット制御装置110は、記憶部を備えてよい。記憶部は、磁気ディスク等の電磁記憶媒体を含んでよいし、半導体メモリ又は磁気メモリ等のメモリを含んでもよい。記憶部は、各種情報及びロボット制御装置110で実行されるプログラム等を格納する。記憶部は、非一時的な読み取り可能媒体として構成されてもよい。記憶部は、ロボット制御装置110のワークメモリ

として機能してよい。記憶部の少なくとも一部は、ロボット制御装置 110 とは別体として構成されてもよい。

[0078] (ロボット制御システム 100 の動作例)

ロボット制御装置 110 (推論装置) は、学習済みモデル 50 をあらかじめ取得する。ロボット制御装置 110 は、学習済みモデル 50 を記憶部に格納してよい。ロボット制御装置 110 は、カメラ 4 から作業対象物 8 を撮影した画像を取得する。ロボット制御装置 110 は、作業対象物 8 を撮影した画像を入力情報として学習済みモデル 50 に入力する。ロボット制御装置 110 は、学習済みモデル 50 から入力情報の入力に応じて出力される出力情報を取得する。ロボット制御装置 110 は、出力情報に基づいて作業対象物 8 を認識し、作業対象物 8 を把持したり移動したりする作業を実行する。

[0079] <小括>

以上述べてきたように、ロボット制御システム 100 は、学習済みモデル生成システム 1 から学習済みモデル 50 を取得し、学習済みモデル 50 によって作業対象物 8 を認識できる。

[0080] (部品の認識モデルにおけるユースケース)

本実施形態に係る学習済みモデル生成システム 1 のユースケースの一例が説明される。

[0081] アクターは、学習済みモデル生成装置 20 の管理者、ロボット 2 を導入するユーザ、又はロボット制御装置 110 であり得る。アクターが利用するシステムは、学習済みモデル生成システム 1 又はピックアンドプレイタスクを実行するロボット制御システム 100 であり得る。各アクターのユースケースが以下に例示される。学習済みモデル生成装置 20 の管理者は、汎用モデルを生成する。ロボット 2 を導入するユーザは、専用モデルを作成したり、認識対象とする部品を登録したりする。また、ロボット 2 を導入するユーザは、ロボット 2 にピックアンドプレイタスクを実行させる。ロボット制御装置 110 は、学習済みモデル 50 を取得する。

[0082] <利用パターン A>

利用パターンAとして、ロボット2を導入するユーザが、ユーザ独自の部品が認識対象に含まれない場合、又は、ユーザ独自の部品が認識対象に含まれる場合であってもネジ又はナット等の大きい分類で部品を認識させることを、ロボット制御システム100に対して要求する場合が仮定される。

[0083] この場合、ユーザは、新たな学習を行わずに汎用モデルを使用すればよい。したがって、学習済みモデル生成装置20の管理者は、汎用モデルとしての学習済みモデル50を生成する。この場合、学習済みモデル生成装置20は、予備モデルを生成するために用いられた第1情報と同じ情報を第2情報として学習済みモデル50を生成する。

[0084] <利用パターンB>

利用パターンBとして、ロボット2を導入するユーザがユーザ独自の部品を認識させることをロボット制御システム100に対して要求する場合が仮定される。

[0085] この場合、ユーザ独自の部品を認識するための学習用データとなる第2情報又は第3情報が必要とされる。学習済みモデル生成装置20の管理者は、ユーザ独自の部品を認識するための第2情報又は第3情報を学習用データとして学習することによって、専用モデルとしての学習済みモデル50を生成する。学習済みモデル生成装置20は、ヘッドのみを専用モデルとして生成する場合、バックボーンを汎用モデルとして生成してもよいし専用モデルとして生成してもよい。

[0086] (学習済みモデル50の分割単位について)

上述してきた学習済みモデル生成システム1において、学習済みモデル50は、第1学習済みモデル51及び第2学習済みモデル52の2つに分けて生成された。学習済みモデル50は、2つに限られず3つ以上のモデルに分割されてもよい。例えば、学習済みモデル50が複数の層を有する場合、学習済みモデル50は、1層ずつのモデルに分割されてもよい。学習済みモデル生成システム1は、分割した各モデルを複数の予備モデルに接続したモデルについて学習を実行することによって、分割した各モデルに対応する学習

済みモデル50を生成してよい。

[0087] 例えば、学習済みモデル50が先頭、中間及び末尾の3つのモデルに分割された場合、学習済みモデル生成装置20は、中間のモデルを学習中モデルとして、予備モデルのうち先頭及び末尾のモデルに対応する部分を中間のモデルに接続して学習を実行してもよい。

[0088] 学習済みモデル50のうち、第2学習前モデル（ヘッド）が2つ以上に分割されてもよい。この場合、学習済みモデル生成装置20の第2制御部22は、第2学習前モデル（ヘッド）を分割した2つ以上の部分のうち少なくとも1つの部分を固定してよい。第2制御部22は、第2学習前モデルの固定した部分と、予備モデルのうち第2学習前モデルの他の部分に対応する部分とを接続したヘッドと、予備モデルのバックボーンとを接続したモデルについて学習を実行してよい。

[0089] 学習済みモデル50のうち、第1学習前モデル（バックボーン）が2つ以上に分割されてもよい。この場合、第2制御部22は、第1学習前モデル（バックボーン）を分割した2つ以上の部分のうち少なくとも1つの部分を固定してよい。第2制御部22は、第1学習前モデルの固定した部分と、予備モデルのうち第1学習前モデルの他の部分に対応する部分とを接続したバックボーンと、予備モデルのヘッドとを接続したモデルについて学習を実行してよい。

[0090] 固定されるヘッドの一部に順次接続されるヘッドの他の部分及びバックボーン、又は、固定されるバックボーンの一部に順次接続されるバックボーンの他の部分及びヘッドは、1つの予備モデル内で構築されたセットであってよい。

[0091] ヘッドの一部を固定する場合、ヘッドの一部は、固定されていないヘッドの他の部分よりも低次元の処理に対応してよい。バックボーンの一部を固定する場合、バックボーンの一部は、固定されていないバックボーンの他の部分よりも低次元の処理に対応してよい。言い換えれば、ヘッド又はバックボーンのうち、低次元の処理に対応する部分が固定されてよい。例えば、CN

N層が構築されたモデルにおいて、CNN層の上流に対応する部分が固定されてよい。

[0092] 学習済みモデル50は、図11に例示されるように分岐モデルを含んでもよい。分岐モデルは、層からの出力が2つ以上に分岐して次の層に入力されるモデルを意味する。学習済みモデル50において、第1学習済みモデル51と第2学習済みモデル52とは、種々の組み合わせで接続されてよい。分岐モデルにおいて、第1部に相当するモデルと第2部に相当するモデルとが種々の組み合わせで接続されてよい。分岐モデルは、例えば、RPN (Region Proposal Network) であってよい。

[0093] (学習前モデルに合わせたベースモデルの変更)

上述したように、学習済みモデル生成装置20の第2制御部22は、モデルの第1部に相当するベースモデルと、モデルの第2部に相当する学習前モデル(第2学習前モデル520)とを接続した状態で第2情報に基づいて学習する。第2制御部22は、この学習において、モデルの第2部に相当する学習前モデルを変更するだけでなく、モデルの第1部に相当するベースモデルも学習前モデルの変更に合わせて変更してよい。言い換えれば、第2制御部22は、ベースモデルとターゲットモデルを接続して学習を実行する際に、予備学習によって設定されたベースモデル内の各種パラメータを変更してもよい。その結果、例えば異なる学習処理がされたベースモデルをターゲットモデルに接続して学習処理する場合でも、ドメインギャップの影響を低減することができ、学習済みモデル50の推論精度を向上させることができる。なお、ドメインギャップとは、学習環境と推論環境が異なるために生じる現象である。すなわち、同じ被写体でもあっても学習用データとして用いる画像の取得環境と推論データとして用いる画像の取得環境が異なることによってドメインギャップが生じ得る。そのため、ドメインギャップの影響を低減するために、推論環境(ロボットの使用環境)で取得した画像に基づいてファインチューニングが実行される必要があり得る。言い換えれば、ドメインギャップの影響を低減するために、ターゲットモデルのロボット使用環境

での画像に基づく再学習が必要とされ得る。すなわち、ターゲットモデルにベースモデルの一部が含まれている場合、ロボット使用環境での画像に基づく学習によって、ターゲットモデルに含まれているベースモデルのパラメータを変更する場合、ドメインギャップの影響を低減することができる。

[0094] (第1部又は第2部が複数に分かれるモデル)

モデルの第1部又は第2部の少なくとも一方は、複数に分かれてよい。例えば、図12に示されるように、学習済み予備モデル401～40Nはそれぞれ、第1学習済み予備モデル411～41Nと、第2学習済み予備モデル421～42Nと、第3学習済み予備モデル431～43Nとを備えてよい。図12の例において、第2学習済み予備モデル421～42Nがモデルの第1部に相当する。第1学習済み予備モデル411～41N、及び、第3学習済み予備モデル431～43Nがモデルの第2部に相当する。

[0095] 学習済みモデル生成装置20の第2制御部22は、モデルの第1部に相当する第2学習済み予備モデル421～42Nのそれぞれを、順次転移して、モデルの第2部に相当する第1学習前モデル510と第3学習前モデル530との間に接続したモデルについて学習してよい。

[0096] 図12の例において、2つに分かれた第2部のうち入力側（左側）に接続されている部分は、エンコーダとも称される。2つに分かれた第2部のうち出力側（右側）に接続されている部分は、デコーダとも称される。

[0097] 図12に例示されたように第2部が複数に分かれるだけでなく、第1部が複数に分かれてもよい。第1部が複数に分かれる場合、複数の第1部の間に接続された第2部が学習されてもよい。

[0098] (バックボーン又はヘッドの両方又は一方を生成する動作例)

本開示の前半で説明した実施形態では、学習済みモデル生成システム1において、予備モデルのバックボーンを学習用のヘッドに接続したモデルについて学習することによって学習済みモデル50のヘッドが生成され得る。一方で、学習済みモデル生成システム1において、予備モデルのヘッドを学習用のバックボーンに接続したモデルについて学習することによって学習済み

モデル50のバックボーンが生成されてもよい。なお、学習済みモデル50は、ヘッド又はバックボーンのみで使用してもよい。

[0099] 学習済みモデル50のバックボーンを生成する場合、例えば、バックボーンは以下のように生成されてよい。すなわち、予備モデル生成装置10の第1制御部12は、図5に示されるように、複数の学習前予備モデル301～30Nをあらかじめ生成又は取得する。図5において、第2学習前予備モデル321における全結合の層の構成又は各層のパラメータサイズと、第2学習前予備モデル32Nにおける全結合の層の構成又は各層のパラメータサイズとが互いに異なるとする。つまり、第2学習前予備モデル321～32Nそれぞれにおける全結合の層の構成又は各層のパラメータサイズが互いに異なるとする。また、図5において、第1学習前予備モデル311におけるCNNの層の構成又は各層のフィルタサイズと、第1学習前予備モデル31NにおけるCNNの層の構成又は各層のフィルタサイズとが同じであるとする。つまり、第1学習前予備モデル311～31NそれぞれにおけるCNNの層の構成又は各層のフィルタサイズが同じであるとする。第1学習前予備モデル311～31NそれぞれにおけるCNNの層の構成又は各層のフィルタサイズが互いに異なってもよい。

[0100] 第1制御部12は、学習済みモデル50に入力される入力情報と同一又は関連した第1情報を学習用データとして各学習前予備モデル30について学習する。第1制御部12は、学習によって各学習前予備モデル30を更新し、複数の学習済み予備モデル401～40Nを生成する。各学習済み予備モデル40の全結合若しくはCNNの層の構成又は各層のパラメータサイズ若しくはフィルタサイズは、各学習前予備モデル30の全結合若しくはCNNの層の構成又は各層のパラメータサイズ若しくはフィルタサイズと同じである。

[0101] 学習済みモデル生成装置20の第2制御部22は、予備モデルとして、学習済み予備モデル40を予備モデル生成装置10から取得する。第2制御部22は、学習済みモデル50に入力される入力情報と同一又は関連した第3

情報を学習用データとして、各予備モデルのヘッドと学習用のバックボーンとを接続したモデルについて学習を実行する。各予備モデルのヘッドは、ベースモデルの第1部に相当する。学習用のバックボーンは、ターゲットモデルの第2部に相当する。第3情報は、第1情報又は第2情報と同じであってもよいし異なってもよい。第3情報は、複数の学習用画像を1セットとして構成されてよい。第2制御部22は、各予備モデルのヘッドと学習用のバックボーンとを接続した各モデルに対して、同じセットの第3情報を学習用データとして学習してよいし、異なるセットの第3情報を学習用データとして学習してもよい。また、第2制御部22は、1セットの第3情報をさらに小さい小集団に分割して、学習用のバックボーンに対して接続するヘッドを変更するたびに異なる小集団を学習用データとして学習してよい。第2制御部22は、学習用のバックボーンに対して接続するヘッドを変更したときに同じ小集団を学習用データとして学習してもよい。つまり、第2制御部22は、少なくとも1セットの第3情報に基づいて各予備モデルのヘッドと学習用のバックボーンとを接続したモデルの学習を実行してよい。なお、学習済みモデル50の学習に用いる第3情報の情報量は、予備モデルの学習に用いる第1情報の情報量以下になっていてもよい。なお、情報量とは、例えば第2情報に含まれる学習用画像の数などを指す。

[0102] 具体的に、第2制御部22は、図6に示されるように、各予備モデルのヘッド（第2学習済み予備モデル421～42N）を転移して第1学習前モデル510又は第1学習中モデル511～51（N－1）に接続したモデルについて学習を順次実行する。第2制御部22は、以下の手順で学習を実行してよい。第2制御部22は、第2学習済み予備モデル421と第1学習前モデル510とを接続したモデルについて学習を実行し、第1学習前モデル510を第1学習中モデル511に更新する。第2制御部22は、第2学習済み予備モデル422と前のステップで更新した第1学習中モデル511とを接続したモデルについて学習を実行し、第1学習中モデル511を第1学習中モデル512に更新する。第2制御部22は、第2学習済み予備モデル4

2 Nと前のステップで更新した第1学習中モデル5 1 (N-1)とを接続したモデルについて学習を実行し、第1学習中モデル5 1 (N-1)を第1学習済みモデル5 1 Nに更新する。

[0103] 第2制御部2 2は、以上述べてきた手順を実行することによって、第1学習済みモデル5 1 Nを生成する。第2制御部2 2は、第1学習済みモデル5 1 Nを第1学習済みモデル5 1 (学習済みモデル5 0のバックボーン)として適用する。ベースモデルの第1部に接続して学習することによって生成された第1学習済みモデル5 1 Nは、ターゲットモデルの第2部に相当する。

[0104] 以上述べてきたように、学習済みモデル生成システム1において、バックボーン又はヘッドの両方又は一方は、対応するヘッド又はバックボーンを接続したモデルにおける学習に基づいて生成され得る。

[0105] なお、複数のヘッドを接続した学習に基づき生成したバックボーンを有するモデルの第1部と第2部との関係は、本開示の前半で説明した実施形態における複数のバックボーンを接続した学習に基づき生成したヘッドを有するモデルの第1部と第2部と逆の関係になっている。具体的には、複数のヘッドを接続した学習に基づくバックボーンの生成において、複数の予備モデルのそれぞれの第1部をターゲットモデルの第2部に接続して学習が実行されていると、読み替えることができる。また逆に、複数のバックボーンを接続した学習に基づくバックボーンの生成においても、本開示の前半で説明した実施形態の通り、複数の予備モデルのそれぞれの第2部をターゲットモデルの第1部に接続して学習が実行されていると、読み替えることもできる。つまり、モデルの第1部と第2部とは適宜入れ替えられてもよい。学習済みモデル生成システム1において、モデルの第1部又は第2部の両方又は一方は、対応する第2部又は第1部を接続したモデルにおける学習に基づいて生成され得る。

[0106] (損失関数)

学習済みモデル生成システム1は、生成した学習済みモデル5 0に対して入力情報を入力した場合における出力が学習用データを入力した場合にお

る出力に近づくように損失関数を設定してよい。本実施形態において、損失関数として交差エントロピーが用いられ得る。交差エントロピーは、2つの確率分布の間の関係を表す値として算出される。具体的に、本実施形態において、交差エントロピーは、入力する情報と、バックボーン又はヘッドとの間の関係を表す値として算出される。

[0107] 学習済みモデル生成システム1は、損失関数の値が小さくなるように学習する。損失関数の値が小さくなるように学習することによって生成した学習済みモデル50において、入力情報の入力に応じた出力が学習用データの入力に応じた出力に近づき得る。損失関数として、例えば、Discrimination Loss、又は、Contrastive Lossが利用されてもよい。Discrimination Lossは、生成画像についての真贋を、完全に真であることを表す1から完全に贋であることを表す0までの間の数値でラベル付けして学習するために用いられる損失関数である。

[0108] 以上、学習済みモデル生成システム1及びロボット制御システム100の実施形態を説明してきたが、本開示の実施形態としては、システム又は装置を実施するための方法又はプログラムの他、プログラムが記録された記憶媒体（一例として、光ディスク、光磁気ディスク、CD-ROM、CD-R、CD-RW、磁気テープ、ハードディスク、又はメモリカード等）としての実施態様をとることも可能である。

[0109] また、プログラムの実装形態としては、コンパイラによってコンパイルされるオブジェクトコード、インタプリタにより実行されるプログラムコード等のアプリケーションプログラムに限定されることはなく、オペレーティングシステムに組み込まれるプログラムモジュール等の形態であっても良い。さらに、プログラムは、制御基板上のCPUにおいてのみ全ての処理が実施されるように構成されてもされなくてもよい。プログラムは、必要に応じて基板に付加された拡張ボード又は拡張ユニットに実装された別の処理ユニットによってその一部又は全部が実施されるように構成されてもよい。

[0110] 本開示に係る実施形態について、諸図面及び実施例に基づき説明してきた

が、当業者であれば本開示に基づき種々の変形又は改変を行うことが可能であることに注意されたい。従って、これらの変形又は改変は本開示の範囲に含まれることに留意されたい。例えば、各構成部等に含まれる機能等は論理的に矛盾しないように再配置可能であり、複数の構成部等を1つに組み合わせたり、或いは分割したりすることが可能である。

[0111] 本開示に記載された構成要件の全て、及び／又は、開示された全ての方法、又は、処理の全てのステップについては、これらの特徴が相互に排他的である組合せを除き、任意の組合せで組み合わせることができる。また、本開示に記載された特徴の各々は、明示的に否定されない限り、同一の目的、同等の目的、又は類似する目的のために働く代替の特徴に置換することができる。したがって、明示的に否定されない限り、開示された特徴の各々は、包括的な一連の同一、又は、均等となる特徴の一例にすぎない。

[0112] さらに、本開示に係る実施形態は、上述した実施形態のいずれの具体的構成にも制限されるものではない。本開示に係る実施形態は、本開示に記載された全ての新規な特徴、又は、それらの組合せ、あるいは記載された全ての新規な方法、又は、処理のステップ、又は、それらの組合せに拡張することができる。

[0113] 本開示において「第1」及び「第2」等の記載は、当該構成を区別するための識別子である。本開示における「第1」及び「第2」等の記載で区別された構成は、当該構成における番号を交換することができる。例えば、第1情報は、第2情報と識別子である「第1」と「第2」とを交換することができる。識別子の交換は同時に行われる。識別子の交換後も当該構成は区別される。識別子は削除してよい。識別子を削除した構成は、符号で区別される。本開示における「第1」及び「第2」等の識別子の記載のみに基づいて、当該構成の順序の解釈、小さい番号の識別子が存在することの根拠に利用してはならない。

符号の説明

[0114] 1 学習済みモデル生成システム

10 予備モデル生成装置 (12 : 制御部)

20 学習済みモデル生成装置 (22 : 制御部)

30 (301 ~ 30N) 学習前予備モデル (31 (311 ~ 31N) :
第1学習前予備モデル、32 (321 ~ 32N) : 第2学習前予備モデル)

40 (401 ~ 40N) 学習済み予備モデル (41 (411 ~ 41N)
: 第1学習済み予備モデル、42 (421 ~ 42N) : 第2学習済み予備モ
デル、431 ~ 43N : 第3学習済み予備モデル)

50 学習済みモデル (51 : 第1学習済みモデル、52 : 第2学習済み
モデル、510 : 第1学習前モデル、520 : 第2学習前モデル)

100 ロボット制御システム (2 : ロボット、2A : アーム、2B : エ
ンドエフェクタ、3 : センサ、4 : カメラ、5 : ロボットの影響範囲、6 :
作業開始台、7 : 作業目標台、8 : 作業対象物、110 : ロボット制御装置
(推論装置))

請求の範囲

- [請求項1] それぞれ第1部及び第2部の少なくとも1つを有する複数のモデルに基づいて、入力情報に含まれる認識対象の認識結果を出力する学習済みモデルを生成することを含み、
- 前記学習済みモデルの生成において、
- 前記入力情報に関連した少なくとも1セットの第1情報に基づいて学習された、それぞれ前記第1部に相当する部分を有する複数のベースモデルを取得し、
- 前記複数のベースモデルに接続された状態で前記入力情報に関連した少なくとも1セットの第2情報に基づいて学習された、それぞれ前記第2部に相当する部分を有するターゲットモデルを取得し、
- 少なくとも前記第2部に相当する部分を有するターゲットモデルを有する学習済みモデルを生成する、
- 学習済みモデルの生成方法。
- [請求項2] 前記第2情報は、前記第1情報と同じ情報である、請求項1に記載の学習済みモデルの生成方法。
- [請求項3] 前記第2情報は、前記第1情報と異なる情報である、請求項1に記載の学習済みモデルの生成方法。
- [請求項4] 前記入力情報に関連した第3情報に基づいて学習された前記第1部に相当するターゲットモデルを、前記第2部に相当するターゲットモデルと接続したモデルを前記学習済みモデルとして生成することを更に含む、請求項1から3までのいずれか一項に記載の学習済みモデルの生成方法。
- [請求項5] 前記第3情報は、前記第1情報と同じ情報である、請求項4に記載の学習済みモデルの生成方法。
- [請求項6] 前記第3情報は、前記第1情報と異なる情報である、請求項4に記載の学習済みモデルの生成方法。
- [請求項7] 前記モデルの第1部は、前記認識対象の特徴量を抽出するバックボ

ーンに相当し、

前記モデルの第2部は、前記特徴量の抽出結果に基づいて前記認識結果を出力するヘッドに相当する、請求項1から6までのいずれか一項に記載の学習済みモデルの生成方法。

[請求項8] 前記モデルの第1部は、前記認識対象の特徴量の抽出結果に基づいて前記認識結果を出力するヘッドに相当し、

前記モデルの第2部は、前記特徴量を抽出するバックボーンに相当する、請求項1から6までのいずれか一項に記載の学習済みモデルの生成方法。

[請求項9] 前記学習済みモデルは、分岐モデルを含む、請求項1から8までのいずれか一項に記載の学習済みモデルの生成方法。

[請求項10] 前記モデルの第1部に相当するベースモデルと前記モデルの第2部に相当する学習前モデルとを接続した状態で前記第2情報に基づいて学習することによって、前記ベースモデルを前記学習前モデルに合わせて変更するとともに、前記ターゲットモデルとして前記学習前モデルを変更したモデルを生成することを更に含む、請求項1から9までのいずれか一項に記載の学習済みモデルの生成方法。

[請求項11] 前記複数のベースモデルのうち少なくとも1つのベースモデルは、他のベースモデルと異なるモデル構成となっている、請求項1から10までのいずれか一項に記載の学習済みモデルの生成方法。

[請求項12] 前記学習済みモデルの生成において、前記複数のベースモデルを、前記第1情報の同一のセットを用いて学習することによって生成する、請求項1から11までのいずれか一項に記載の学習済みモデルの生成方法。

[請求項13] 前記複数のモデルのそれぞれは、第3部を更に有し、
前記学習済みモデルの生成において、
前記複数のベースモデルに接続された状態で前記入力情報に関連した少なくとも1セットの第2情報に基づいて学習された、それぞれ前

記第2部及び第3部に相当する部分を有するターゲットモデルを取得し、

少なくとも前記第2部及び第3部に相当する部分を有するターゲットモデルを有する学習済みモデルを生成する、請求項1から12までのいずれか一項に記載の学習済みモデルの生成方法。

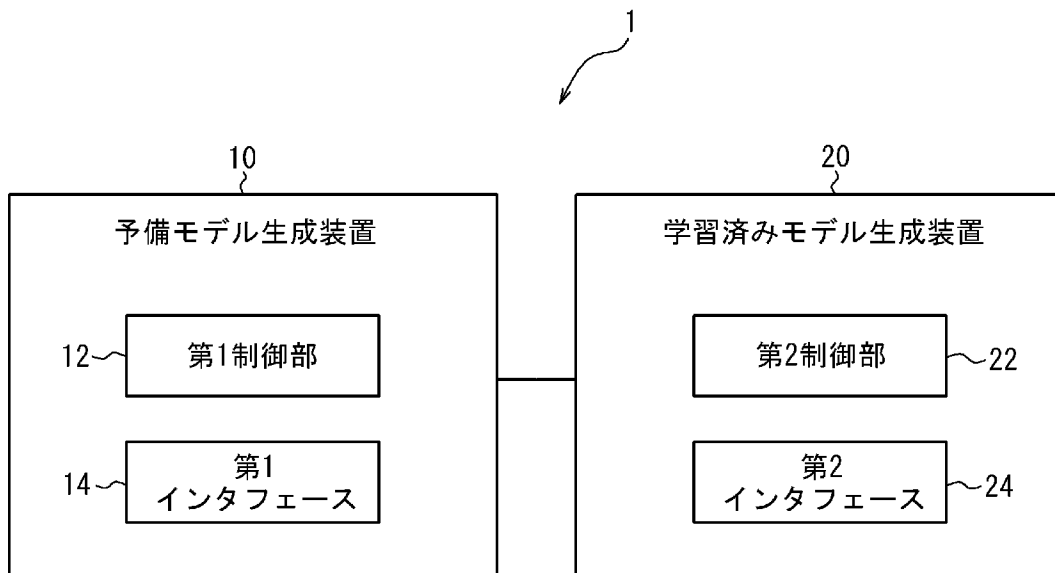
[請求項14] それぞれ第1部及び第2部の少なくとも1つを有する複数のモデルに基づいて生成され、かつ入力情報に含まれる認識対象の認識結果を出力する学習済みモデルを備え、

前記学習済みモデルは、前記入力情報に関連した少なくとも1セットの第1情報に基づいて学習された、それぞれ前記第1部に相当する部分を有する複数のベースモデルに接続された状態で前記入力情報に関連した少なくとも1セットの第2情報に基づいて学習することによって取得された、それぞれ前記第2部に相当する部分を有するターゲットモデルを少なくとも有する、推論装置。

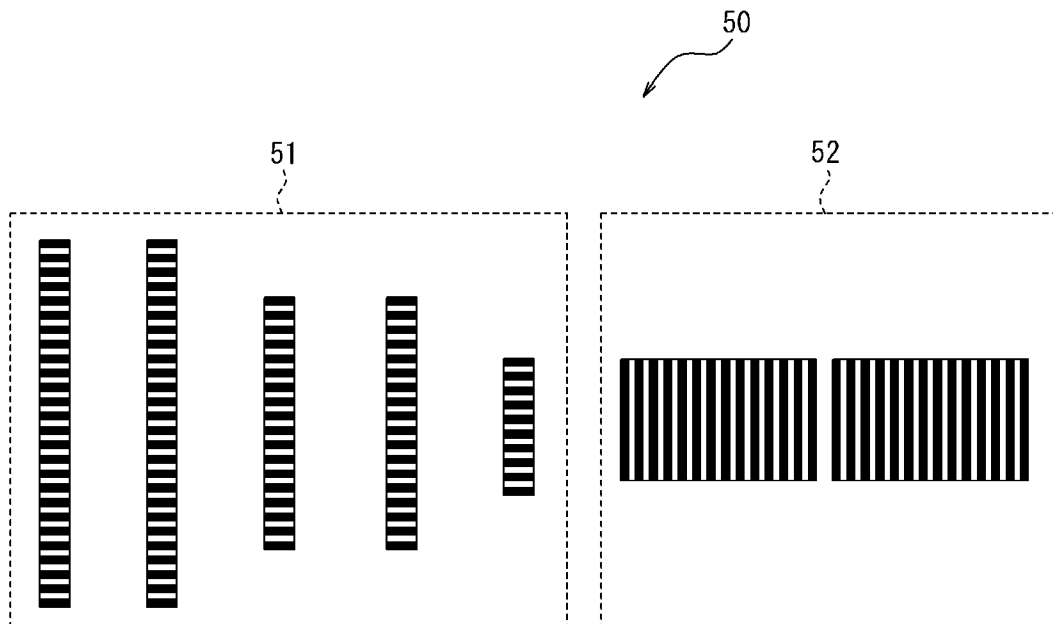
[請求項15] それぞれ第1部及び第2部の少なくとも1つを有する複数のモデルに基づいて、入力情報に含まれる認識対象の認識結果を出力する学習済みモデルを生成する制御部を備え、

前記制御部は、前記学習済みモデルの生成において、前記入力情報に関連した少なくとも1セットの第1情報に基づいて学習された、それぞれ前記第1部に相当する部分を有する複数のベースモデルを取得し、前記複数のベースモデルに接続された状態で前記入力情報に関連した少なくとも1セットの第2情報に基づいて学習された、それぞれ前記第2部に相当する部分を有するターゲットモデルを取得し、少なくとも前記第2部に相当する部分を有するターゲットモデルを有する学習済みモデルを生成する、学習済みモデル生成装置。

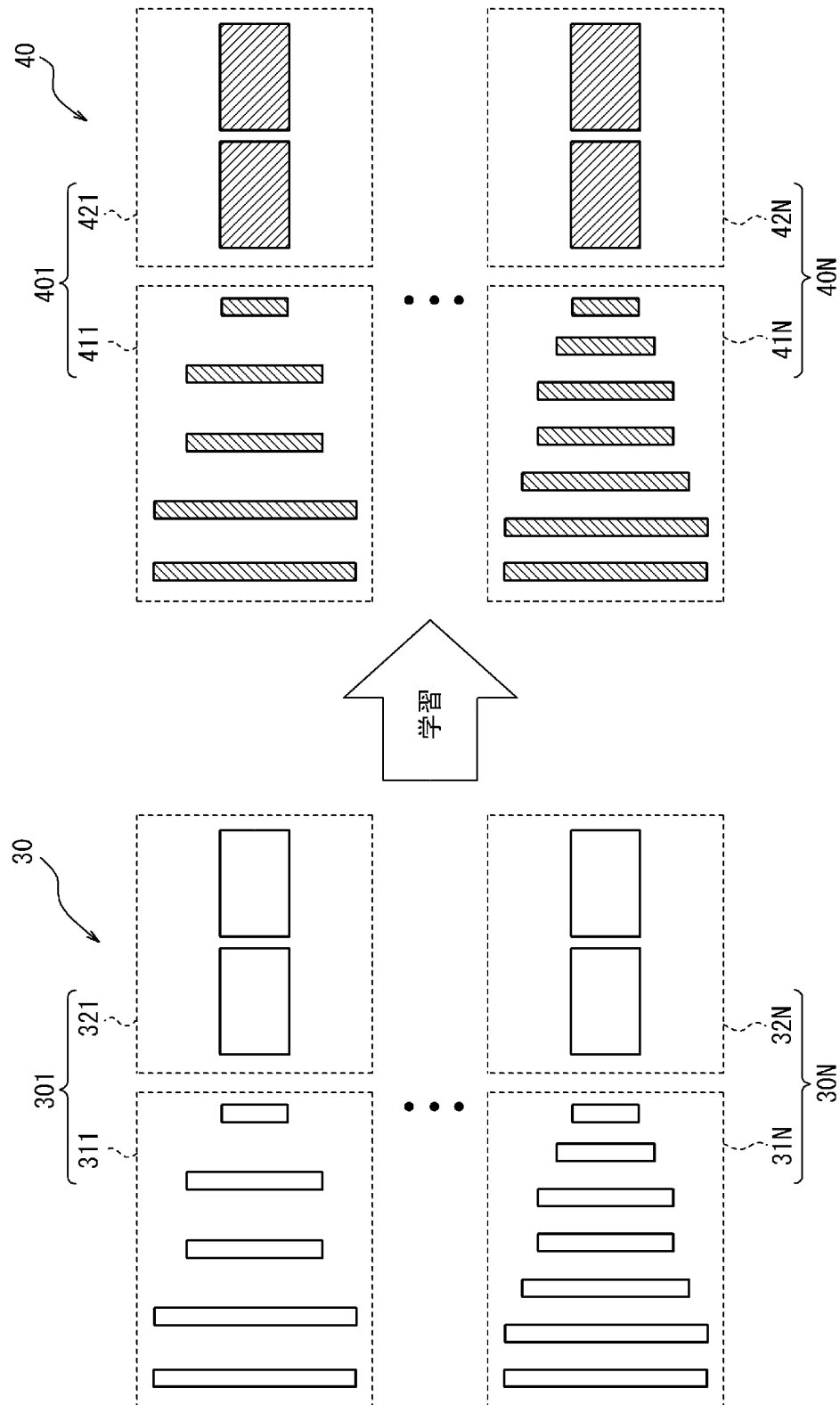
[図1]



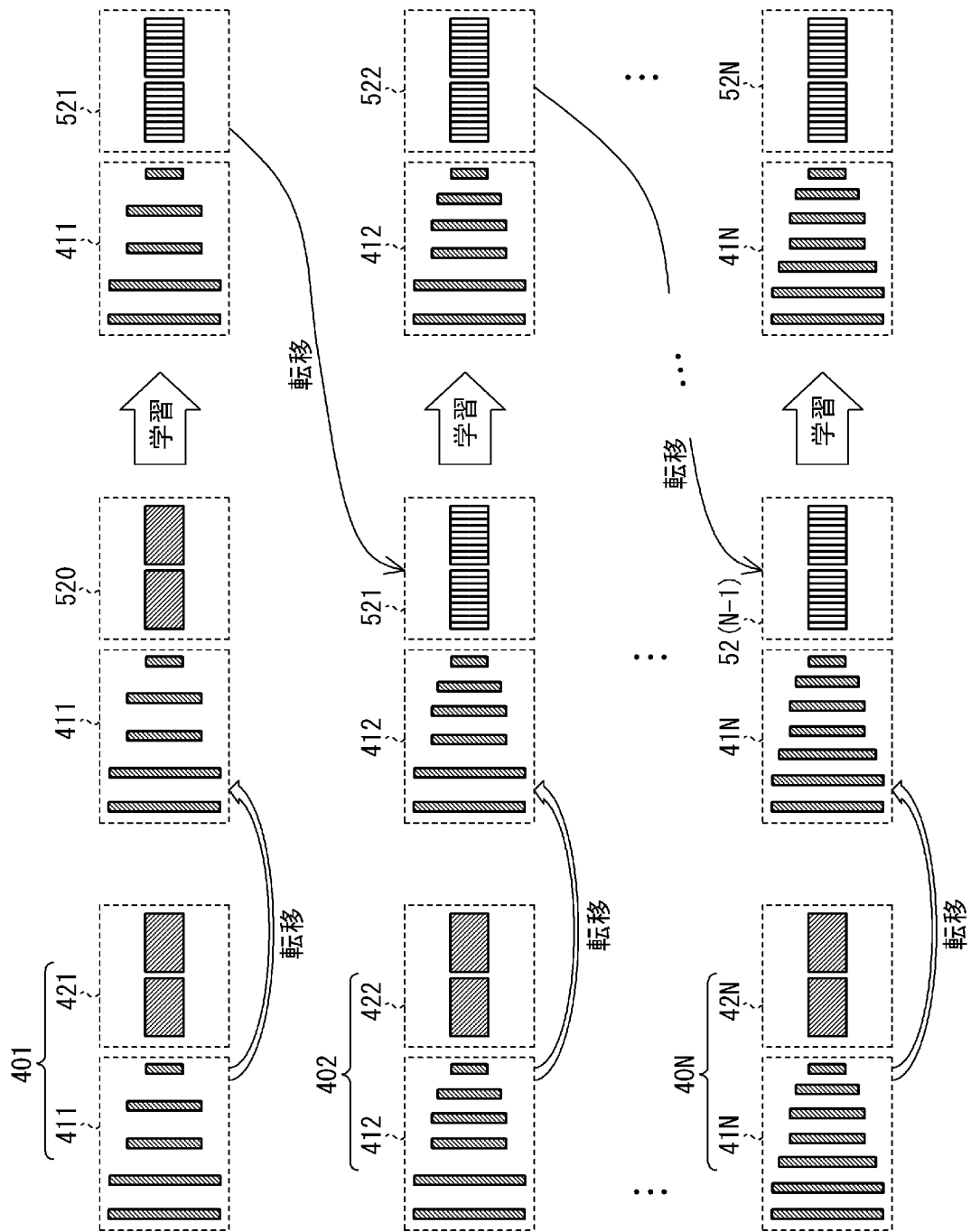
[図2]



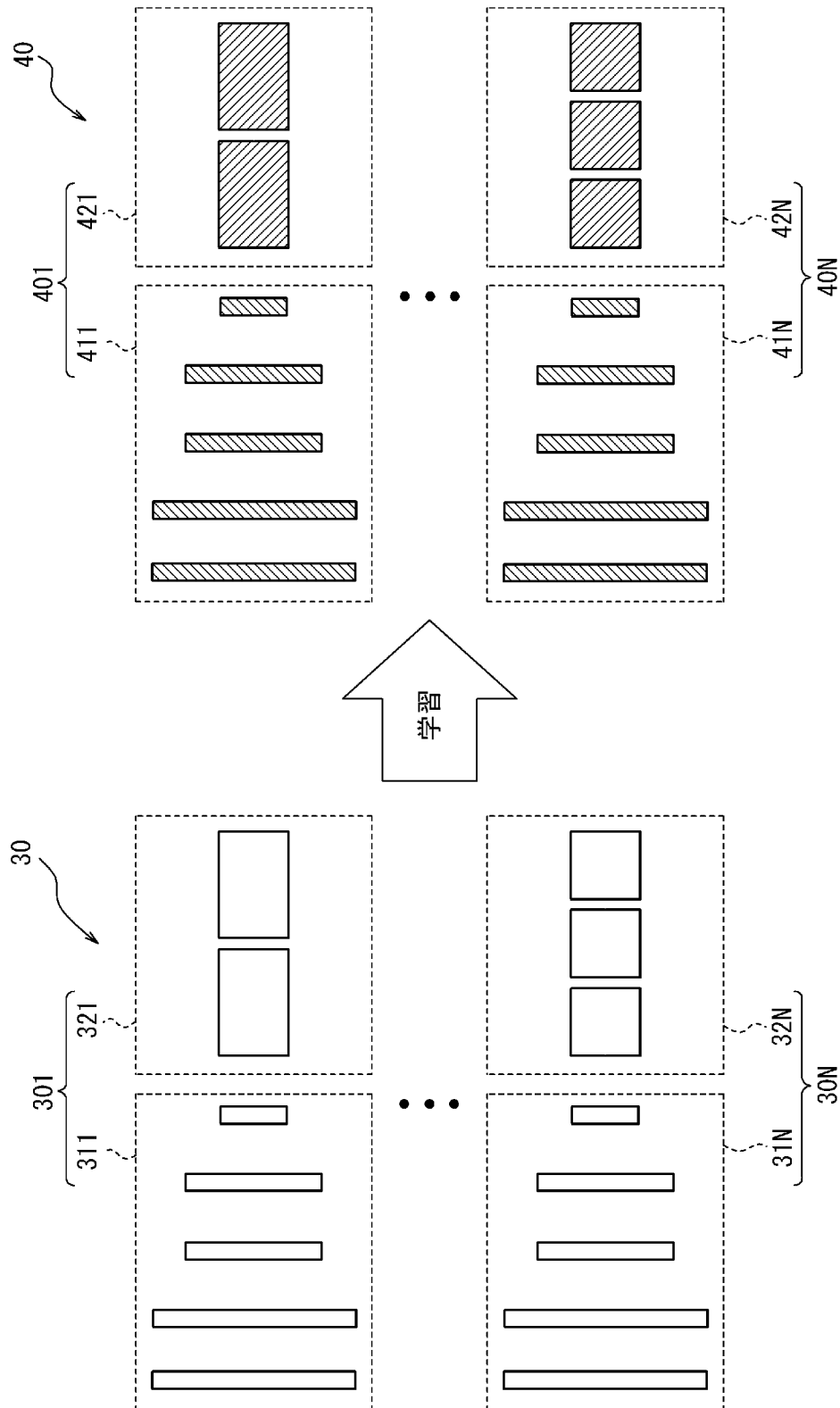
[図3]



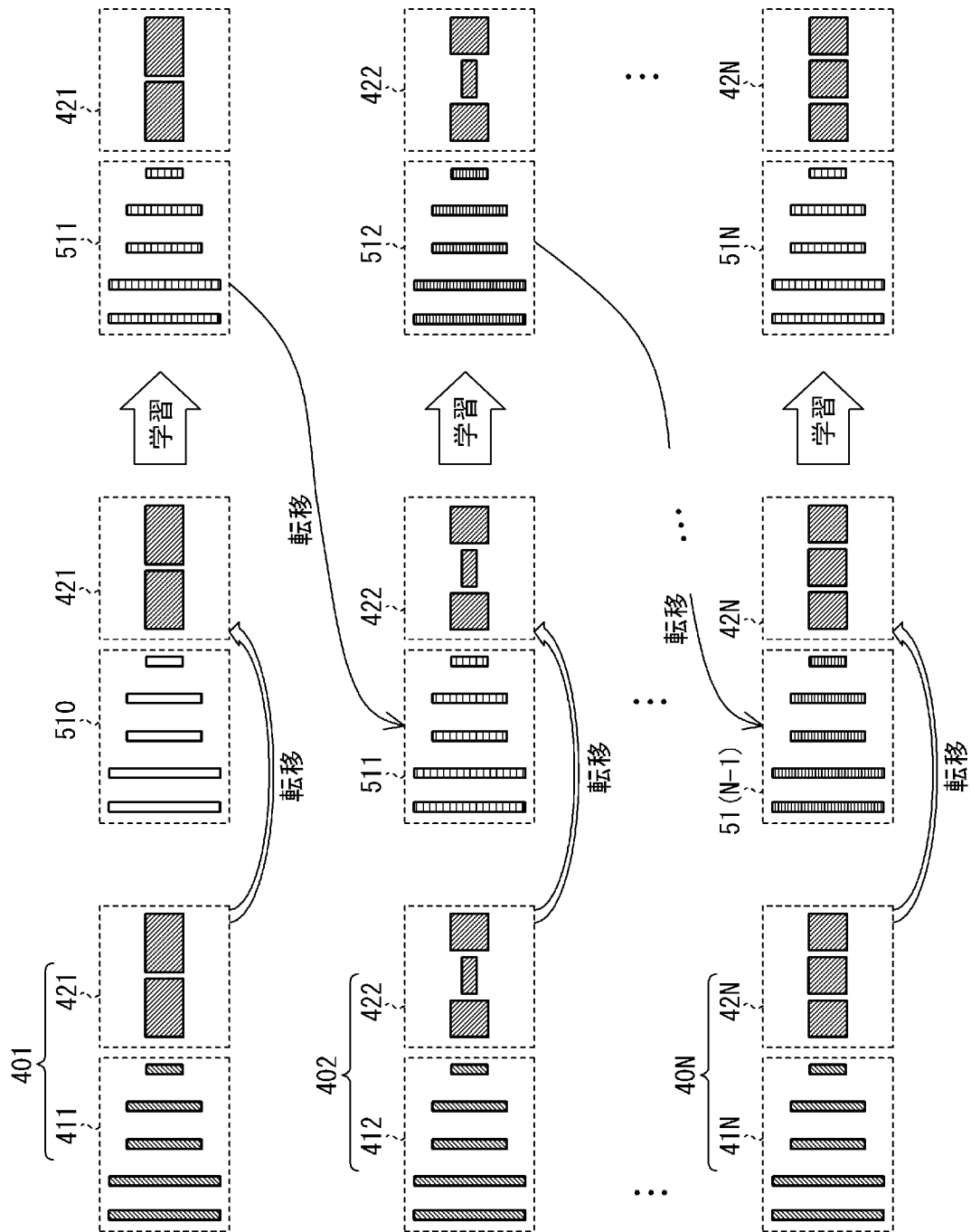
[図4]



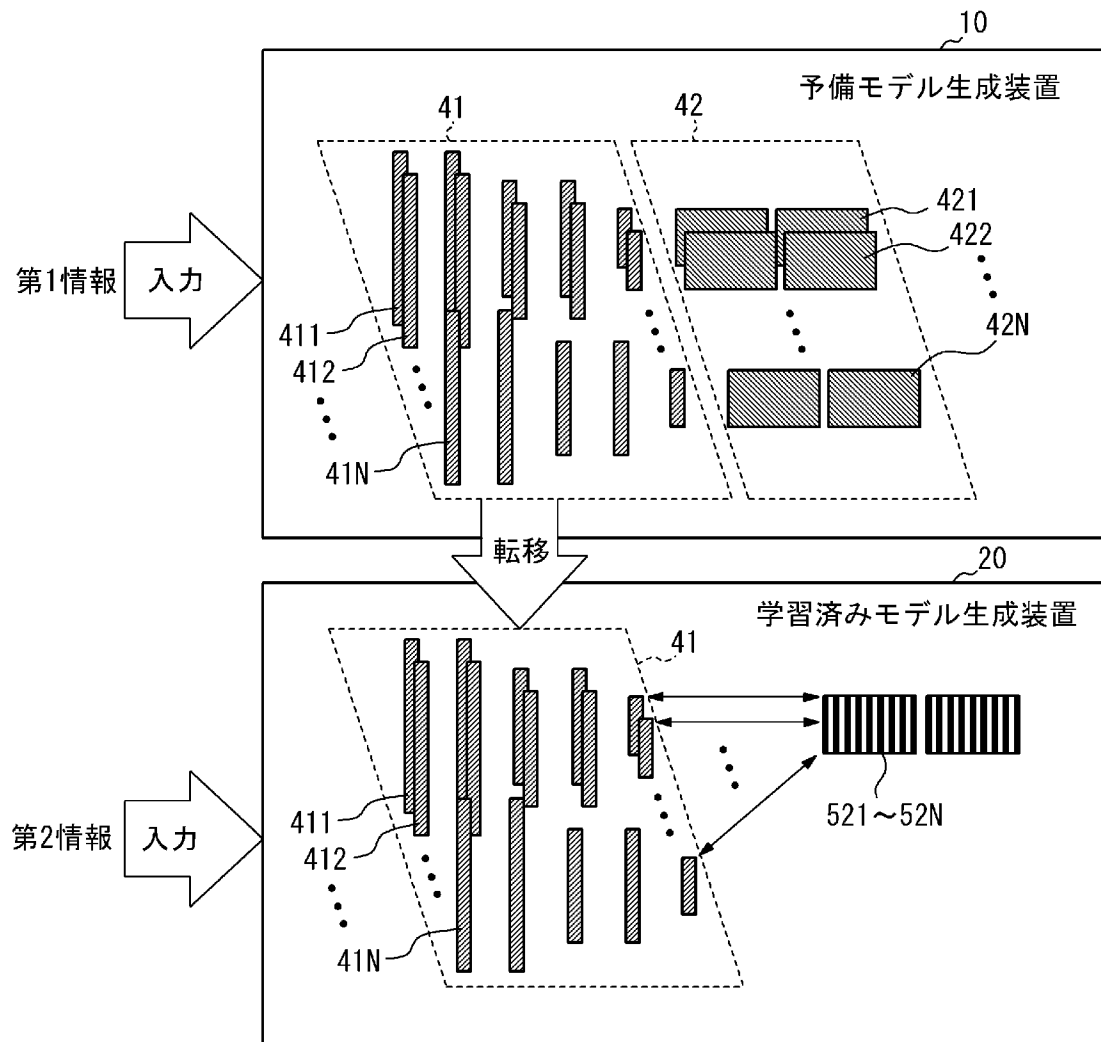
[図5]



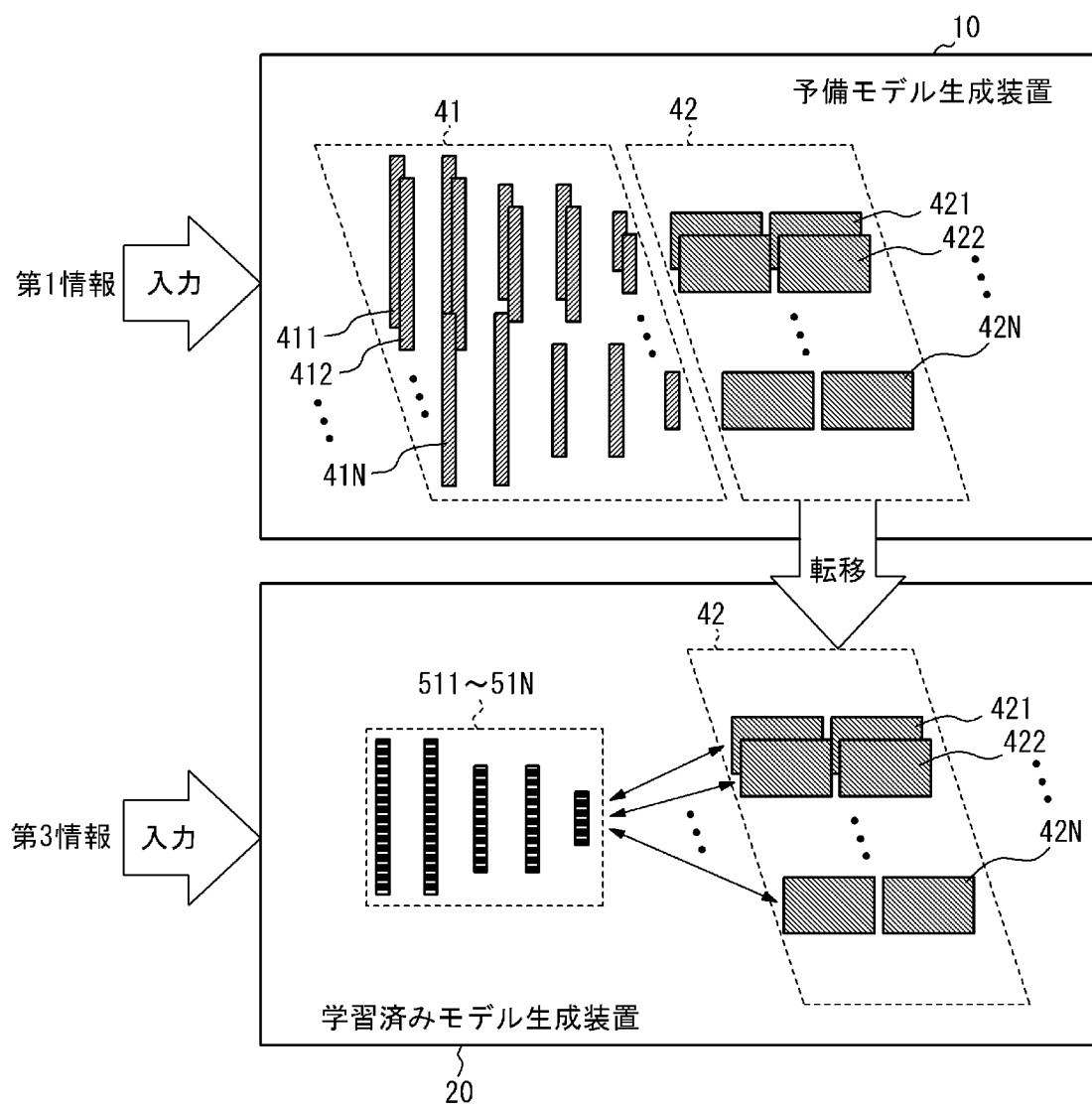
[図6]



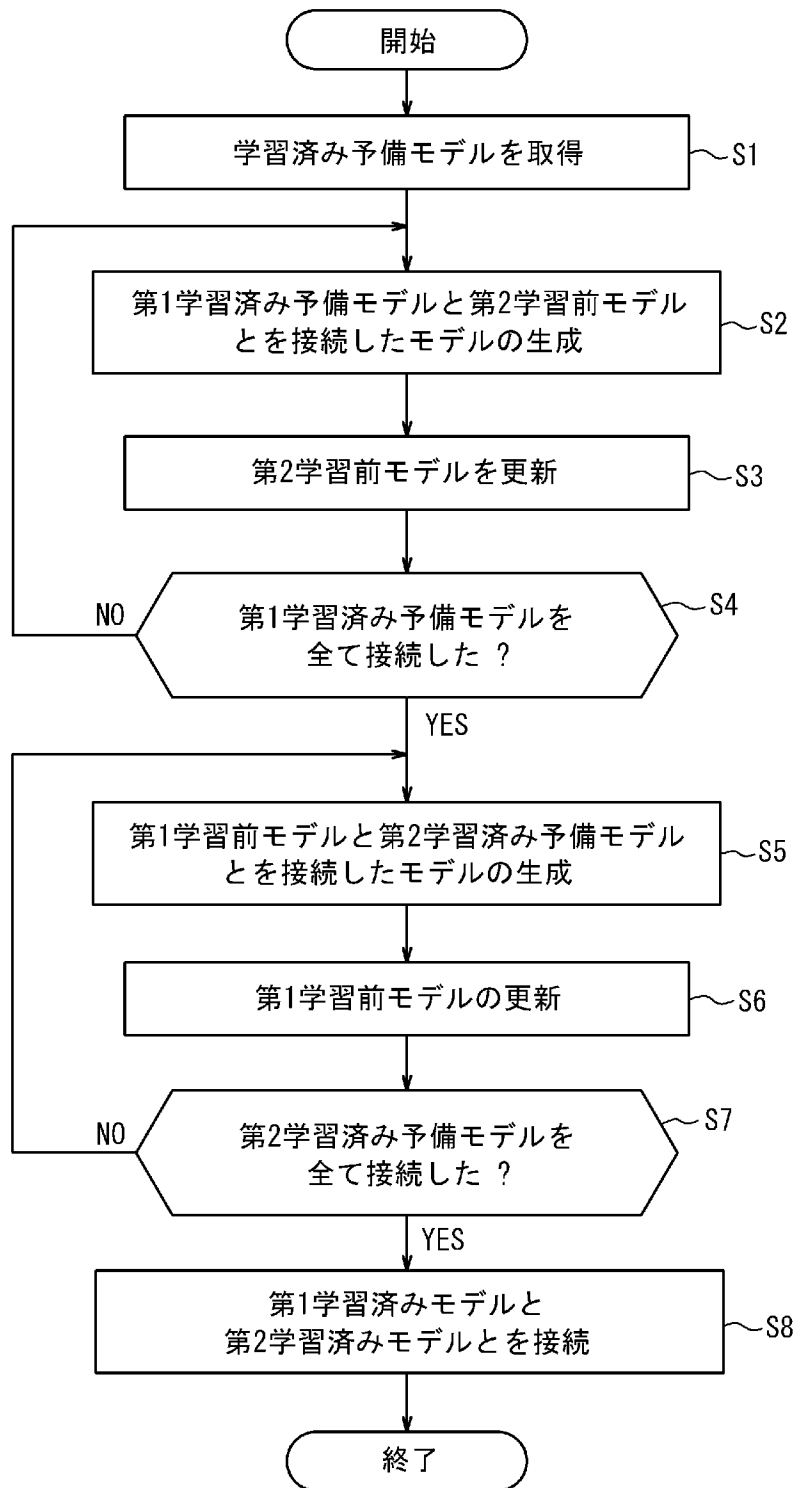
[図7]



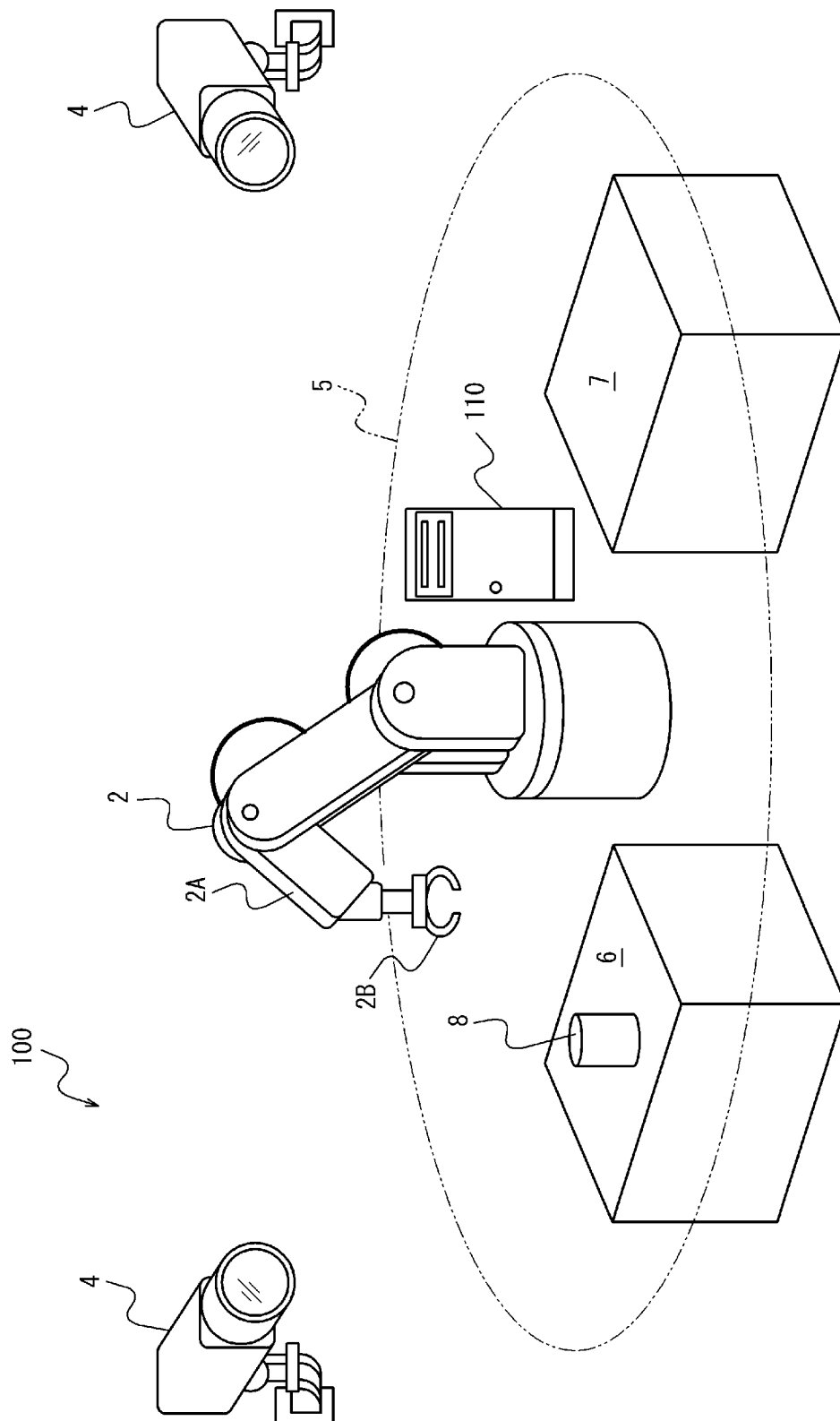
[図8]



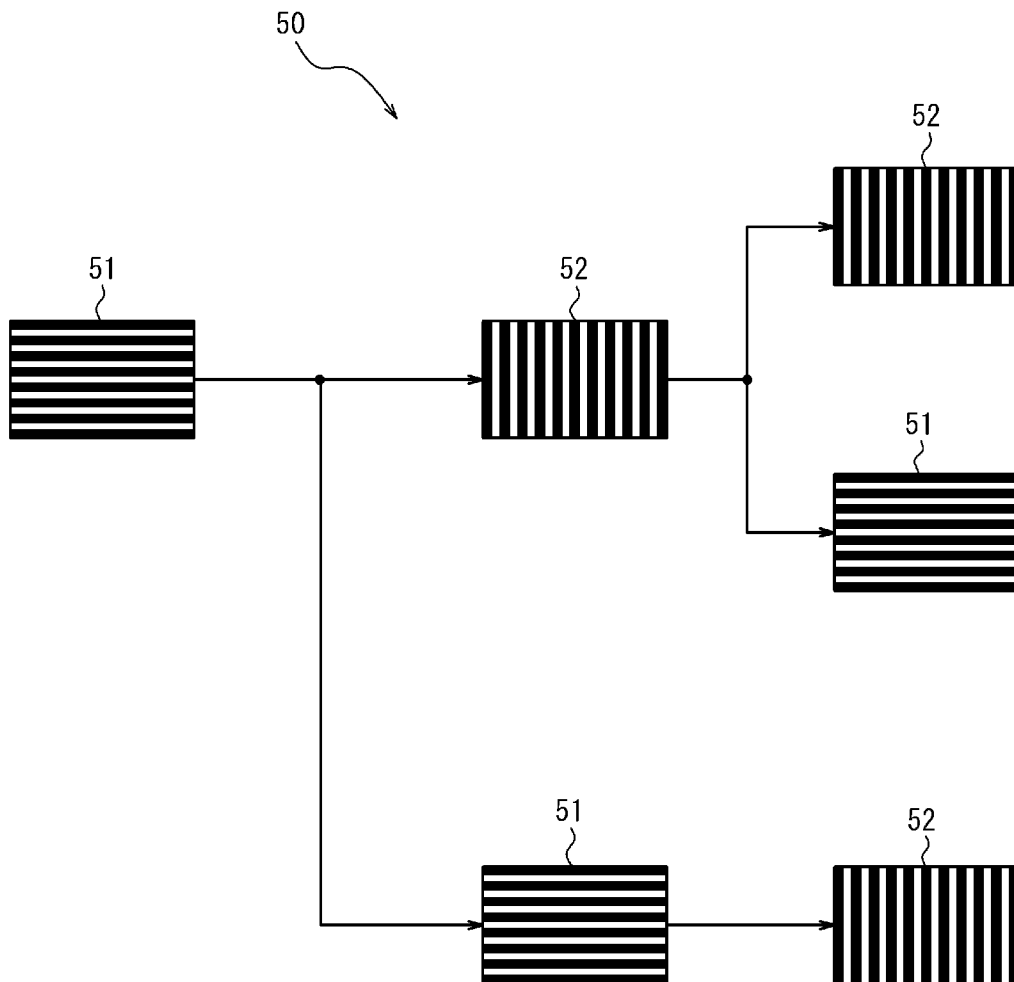
[図9]



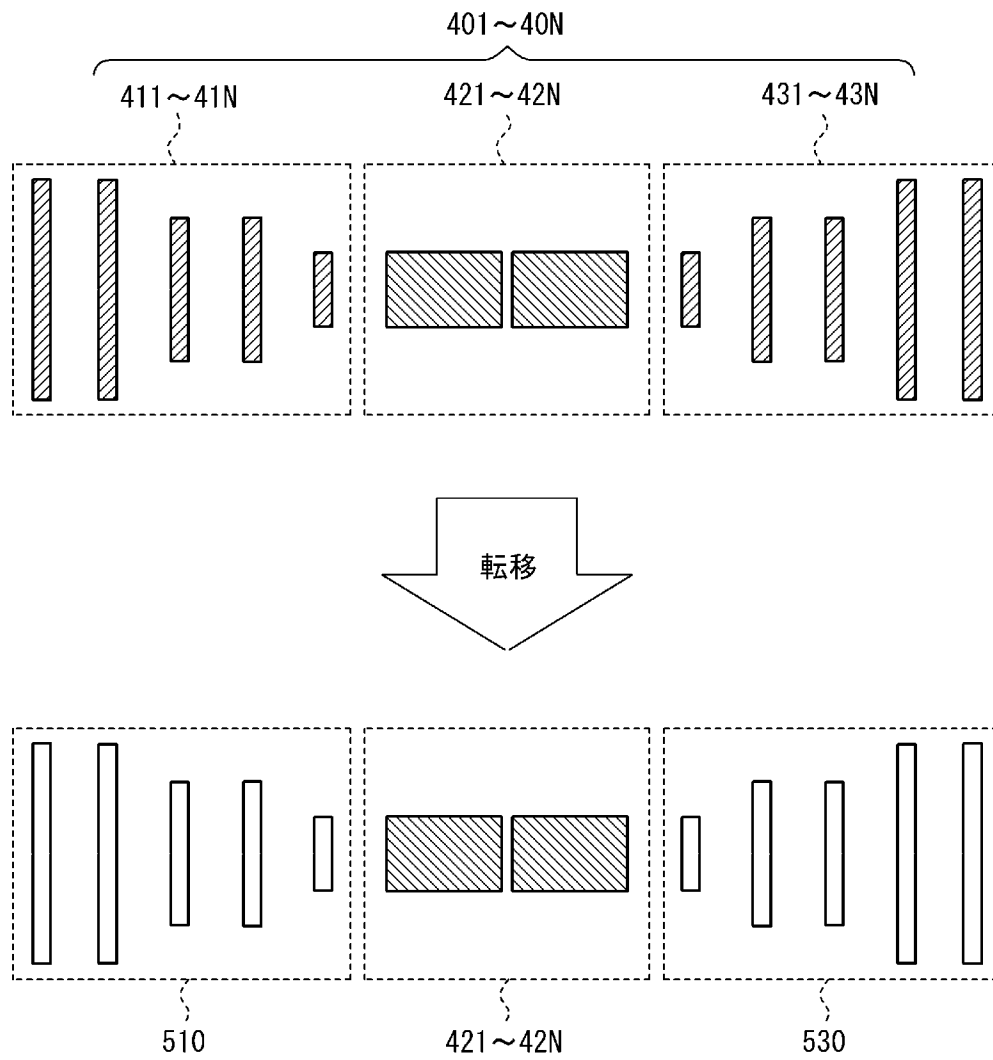
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/034632

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER*G06N 20/00*(2019.01)i; *G06N 3/08*(2023.01)i; *G06T 7/00*(2017.01)i

FI: G06N20/00 130; G06N3/08; G06T7/00 350B

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)

G06N20/00; G06N3/08; G06T7/00

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 1971-2022

Registered utility model specifications of Japan 1996-2022

Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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	US 2021/0097428 A1 (INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION) 01 April 2021 (2021-04-01) paragraphs [0058]-[0072], fig. 6	1-3, 14-15
Y		4-10, 12-13
A		11
Y	CN 113159049 A (SHANGHAI XINYI INTELLIGENT TECH. CO., LTD.) 23 July 2021 (2021-07-23) paragraphs [0022]-[0045]	4-10, 12-13
Y	JP 2020-522764 A (BEIJING SENSETIME TECHNOLOGY DEVELOPMENT CO., LTD.) 30 July 2020 (2020-07-30) paragraph [0115]	9-10, 12-13
Y	JP 11-183246 A (TOSHIBA CORP.) 09 July 1999 (1999-07-09) paragraphs [0049]-[0050]	9-10, 12-13
Y	CN 112613375 A (CHINA LIFE INSURANCE CO., LTD.) 06 April 2021 (2021-04-06) paragraphs [0065]-[0074]	10, 12-13

☒ 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

“T” 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

25 November 2022

Date of mailing of the international search report

13 December 2022

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)

3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915

Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/034632

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	TAMMINA, Srikanth. Transfer learning using VGG-16 with Deep Convolutional Neural Network for Classifying Images. International Journal of Scientific and Research Publications (IJSRP). 2019, vol. 9, no. 10, pages 143-150, ISSN: 2250-3153, DOI: 10.29322/IJSRP.9.10.2019.p9420 sections VI-VIII	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/034632

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US	2021/0097428	A1	01 April 2021	CN 112580814 A paragraphs [0066]-[0083], fig. 6	
CN	113159049	A	23 July 2021	(Family: none)	
JP	2020-522764	A	30 July 2020	US 2019/0347823 A1 paragraph [0146] EP 3584745 A1 CN 108764069 A KR 10-2019-0129826 A	
JP	11-183246	A	09 July 1999	(Family: none)	
CN	112613375	A	06 April 2021	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G06N 20/00(2019.01)i; G06N 3/08(2023.01)i; G06T 7/00(2017.01)i FI: G06N20/00 130; G06N3/08; G06T7/00 350B														
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）） G06N20/00; G06N3/08; G06T7/00														
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														
<table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2022年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2022年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2022年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2022年				
日本国実用新案公報	1922 - 1996年													
日本国公開実用新案公報	1971 - 2022年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2022年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2022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	US 2021/0097428 A1 (INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION) 01.04.2021 (2021 - 04 - 01) [0058]-[0072], FIG. 6	1-3, 14-15												
Y		4-10, 12-13												
A		11												
Y	CN 113159049 A (SHANGHAI XINYI INTELLIGENT TECH CO LTD) 23.07.2021 (2021 - 07 - 23) [0022]-[0045]	4-10, 12-13												
Y	JP 2020-522764 A (ベイジン センスタイム テクノロジー デベロップメント カ ンパニー, リミテッド) 30.07.2020 (2020 - 07 - 30) [0115]	9-10, 12-13												
Y	JP 11-183246 A (株式会社東芝) 09.07.1999 (1999 - 07 - 09) [0049]-[0050]	9-10, 12-13												
Y	CN 112613375 A (CHINA LIFE INSURANCE CO LTD) 06.04.2021 (2021 - 04 - 06) [0065]-[0074]	10, 12-13												
☒ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 参考文献のカテゴリー</td> <td>"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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>"A" 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>"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</td> </tr> <tr> <td>"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</td> <td>"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</td> </tr> <tr> <td>"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）</td> <td>"&" 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>"O" 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"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</td> <td></td> </tr> </table>			* 参考文献のカテゴリー	"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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	"A" 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	"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	"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	"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	"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）	"&" 同一パテントファミリー文献	"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	
* 参考文献のカテゴリー	"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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの													
"A" 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	"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													
"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	"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													
"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）	"&" 同一パテントファミリー文献													
"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														
国際調査を完了した日 25. 11. 2022	国際調査報告の発送日 13. 12. 2022													
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 金田 孝之 5B 3144 電話番号 03-3581-1101 内線 3545													

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリ*	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	TAMMINA, Srikanth, Transfer learning using VGG-16 with Deep Convolutional Neural Network for Classifying Images, International Journal of Scientific and Research Publications (IJSRP), 2019, Vol. 9, No. 10, Pages 143-150, ISSN: 2250-3153, DOI: 10.29322/IJSRP.9.10.2019.p9420 第VI節-第VIII節	1-15

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2022/034632

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
US	2021/0097428	A1	01.04.2021	CN 112580814 A [0066]-[0083], 図6	
CN	113159049	A	23.07.2021	(ファミリーなし)	
JP	2020-522764	A	30.07.2020	US 2019/0347823 A1 [0146]	
				EP 3584745 A1	
				CN 108764069 A	
				KR 10-2019-0129826 A	
JP	11-183246	A	09.07.1999	(ファミリーなし)	
CN	112613375	A	06.04.2021	(ファミリーなし)	