

(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  
2025年2月27日(27.02.2025)



(10) 国際公開番号

WO 2025/041240 A1

(51) 国際特許分類:

G06N 20/00 (2019.01) G06N 3/096 (2023.01)  
G06N 3/092 (2023.01)

タ内 Tokyo (JP). 神谷 正人(KAMIYA, Masato);  
〒1808585 東京都武蔵野市緑町三丁目9番11  
号 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/030055

(22) 国際出願日: 2023年8月21日(21.08.2023)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP).

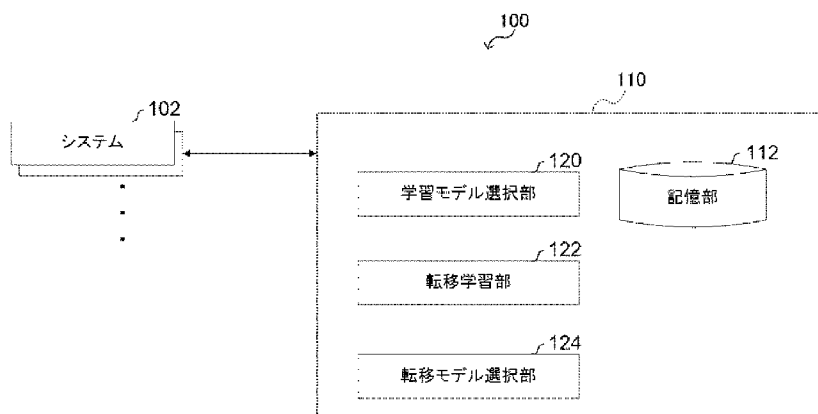
(72) 発明者: 秦 崇洋(HATA, Takahiro); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町三丁目9番11号 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 児玉 翠(KODAMA, Midori); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町三丁目9番11号 N T T 知的財産セン

(74) 代理人: 弁理士法人太陽国際特許事務所(TAIYO, NAKAJIMA & KATO); 〒1600022 東京都新宿区新宿4丁目3番17号 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, 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, MG, MK, MN, MU, 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,

(54) Title: CONTROL DEVICE, CONTROL METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 制御装置、制御方法、及びプログラム



102 System  
112 Storage unit  
120 Learning model selection unit  
122 Transfer learning unit  
124 Transfer model selection unit

(57) Abstract: This control device comprises: a transfer learning unit that, in transfer learning using reinforcement learning, uses information about one or a plurality of transfer source models that are used for prescribed control and that have been pre-trained at a transfer source to create a plurality of models by performing transfer learning using a prescribed method for obtaining a plurality of models; and a transfer model selection unit that selects a transfer model to be output to a transfer destination, from among the created plurality of models on the basis of an indicator of at least one of a reward, a loss function, and a learning step.

[続葉有]

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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

---

(57) 要約: 制御装置は、強化学習を用いた転移学習において、所定の制御に用いられるモデルであって予め転移元で学習された1又は複数の転移元モデルの情報を用いて、複数のモデルを得るための所定の方法で転移学習を行い、複数のモデルを作成する転移学習部と、報酬、損失関数及び学習ステップの少なくとも1つの指標に基づいて、作成された複数のモデルの中から、転移先に出力する転移モデルを選択する転移モデル選択部と、を含む。

## 明 細 書

**発明の名称：** 制御装置、制御方法、及びプログラム

### 技術分野

[0001] 開示の技術は、制御装置、制御方法、及びプログラムに関する。

### 背景技術

[0002] 強化学習を用いた制御の最適化に関する技術がある。強化学習は最適な制御（方策）を選択可能とする技術である。

[0003] 例えば、対象空間内の空調を制御するための行動を最適化する技術がある（特許文献1参照）。この技術では、制御しようとする空間の環境を再現することで、行動探索において強化学習を用いて行動を最適するように制御を行っている。特許文献1にもあるように、空調機器等の制御を最適化するためには、強化学習が有効であることが知られている。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0004] 特許文献1：特許7014299号

### 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、強化学習を用いた方策決定モデルは収束が遅く、学習ステップを進めても必ずしも精度が右肩上がりにはならない、という課題があった。

[0006] 開示の技術は、上記の点に鑑みてなされたものであり、転移学習を用いて、学習に係る計算コストを削減可能な制御装置、制御方法、及びプログラム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

[0007] 本開示の第1態様は、制御装置であって、強化学習を用いた転移学習において、所定の制御に用いられるモデルであって予め転移元で学習された1又は複数の転移元モデルの情報をを用いて、複数のモデルを得るための所定の方

法で転移学習を行い、複数のモデルを作成する転移学習部と、報酬、損失関数及び学習ステップの少なくとも1つの指標に基づいて、作成された複数のモデルの中から、転移先に出力する転移モデルを選択する転移モデル選択部と、を含む。

[0008] 本開示の第2態様は、制御方法であって、強化学習を用いた転移学習において、所定の制御に用いられるモデルであって予め転移元で学習された1又は複数の転移元モデルの情報を用いて、複数のモデルを得るための所定の方法で転移学習を行い、複数のモデルを作成し、報酬、損失関数及び学習ステップの少なくとも1つの指標に基づいて、作成された複数のモデルの中から、転移先に出力する転移モデルを選択する、処理をコンピュータが実行する。

### 発明の効果

[0009] 開示の技術によれば、転移学習を用いて、学習に係る計算コストを削減できる。

### 図面の簡単な説明

[0010] [図1]図1は、強化学習を用いた最適制御によるシナリオ算出を行うシステムの一例を示す概略図である。

[図2]図2は、制御システムの構成を示すブロック図である。

[図3]図3は、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4]図4は、制御装置と制御対象のシステムとの関連性を説明するための図である。

[図5]図5は、制御対象のシステムの態様を示す図である。

[図6]図6は、制御処理の流れを示すフローチャートである。

[図7]図7は、本実施形態の手法のイメージを示す概略図である。

### 発明を実施するための形態

[0011] 以下、開示の技術の実施形態の一例を、図面を参照しつつ説明する。なお、各図面において同一又は等価な構成要素及び部分には同一の参照符号を付与している。また、図面の寸法比率は、説明の都合上誇張されており、実際

の比率とは異なる場合がある。

[0012] まず、本開示の前提及び概要について説明する。本開示の前提とするシステムについて例示する。図1は、強化学習を用いた最適制御によるシナリオ算出を行うシステムの一例を示す概略図である。当該システムにおいては環境再現部及びシナリオ算出部で処理を行うが、強化学習を用いてシナリオ算出部で用いるモデルを学習する。環境再現部では、人流データを入力として環境再現シミュレータを用いて環境を再現する。人流データは、例えば、過去の人流データから予測モデルを用いて予測された人流ベクトルとすればよい。再現された環境からは、省エネルギー情報、及び快適性情報（温及び湿度、並びに人流の運動量など）が得られるため、再現された環境から得られたこれらの各種情報をシナリオ算出部に出力し、報酬の情報として利用する。シナリオ算出部では、報酬の情報を用いてDNN（Deep Neural Network）によるモデルを学習し、モデルを用いて行動制御を最適化するシナリオを算出する。シナリオとしては、例えば、ビルの空調設備として、複数の冷風吹出口の各々ごとの時間帯別の気温を算出できる。例としては、「冷風吹出口1、時間帯9：00、気温22.5℃／時間帯9：30、気温22.0℃・・・」、「冷風吹出口2、時間帯9：00、気温24.1℃／時間帯9：30、気温24.5℃・・・」等である。

[0013] なお、上記の例は、特許文献1の最適制御装置による行動算出の手法を参照できる。特許文献1の手法を参照することにより、実空間の環境データを取得し、対象空間の環境を再現し、再現された環境に基づいて最適な制御手段を計算するモデルを機械学習（強化学習）により獲得し、最適な行動を選択することが可能となる。しかしながら、実際のビルに適用する場合には、上記の手法により削減可能なエネルギーよりも小さい計算コストによって学習及び推論を実施できなければならず、計測されたデータや環境によっては、その条件を満たさないことがあった。

[0014] 以上のような前提において、強化学習によるモデルの学習コストが高いため、学習コストを抑える必要があった。強化学習の課題として、強化学習を

用いた方策決定モデルは学習の収束が遅いこと、必ずしも学習ステップを進めれば精度が右肩上がりではないこと、実運用上は限られた時間内で得られた好適なモデルを用いて運用しなければならないこと、が挙げられる。

[0015] そこで、本実施形態では、有限時間で学習したモデルからベースモデルを選択し転移学習する手法を用いる。例えば、同じビルの複数のフロアごとにモデルを学習しているが、1フロアで学習したモデルを複数フロアへ転移させる。なお、以下では、強化学習の態様として、空調制御エージェントの強化学習を例に説明するが、空調設備に限らず、環境再現モデルで再現可能な環境における様々な設備及び機器の制御について、本実施形態で、強化学習を用いた転移学習による転移モデル（制御モデル）の手法を適用できる。なお、強化学習を用いた転移学習というのは、元の環境（本実施形態では環境シミュレータ）とは別の環境へモデルを持ち込んで、学習の高速化及び精度向上を図ることを指す。なお、本実施形態では、強化学習のうち、深層強化学習の手法を用いることとし、以下、単に強化学習という場合も深層強化学習を用いているとする。

[0016] 本実施形態への適用を想定する転移学習の手法の一態様を例示する。転移元での学習済モデルは（１）報酬を学習ステップの関数とみなした報酬関数について、その移動平均曲線が上に凸な（突起状な）複数の範囲における最大のピークの中央、（２）損失関数の移動平均曲線が下に凸な複数の範囲における最小ピークの中央、（３）限られた学習期間における終局モデル、を選択する。転移先に向けての学習は、初期値として（１）及び（２）及び（３）のモデルを与え、学習手段として（a）全レイヤ学習、又は（b）出力層のみの学習を実施し、（１）～（３）及び（a）（b）を組み合わせた最大6通りの転移学習の結果から、報酬関数の移動平均曲線がより大きいこと、ロス値の移動平均が小さいこと、を基準に転移元での学習済モデルと学習手段とを選定する。また必要に応じて環境シミュレーションを実施し、いずれのモデルも建物の基準を満たさなかった場合は学習を追加で実施することによりエージェントの学習を進める。以上の手順で学習することで、時間制

限のある中で最良のモデルを選択し、かつ学習途中においても動作可能な好適なモデルの選択が可能となる。本実施形態では、以上のような転移学習の手法を活用することで計算コストの削減を実現する。

[0017] 以下、本実施形態の構成について説明する。図2は、制御システムの構成を示すブロック図である。制御システム100は、制御対象の複数のシステム102と、制御装置110とが接続されている。システム102は、制御対象のシステムであり、制御装置110の処理態様において転移元システム(102A)、転移先システム(102B)となる。システム102及び制御装置110の関係性については後述する。なお、システム102と、制御装置110とを分けたシステムとして説明するが、制御装置110はシステム102を包含した装置としてもよい。

[0018] 図3は、制御装置110のハードウェア構成を示すブロック図である。図3に示すように、制御装置110は、CPU(Central Processing Unit)11、ROM(Read Only Memory)12、RAM(Random Access Memory)13、ストレージ14、入力部15、表示部16及び通信インタフェース(I/F)17を有する。各構成は、バス19を介して相互に通信可能に接続されている。

[0019] CPU11は、中央演算処理ユニットであり、各種プログラムを実行したり、各部を制御したりする。すなわち、CPU11は、ROM12又はストレージ14からプログラムを読み出し、RAM13を作業領域としてプログラムを実行する。CPU11は、ROM12又はストレージ14に記憶されているプログラムに従って、上記各構成の制御及び各種の演算処理を行う。本実施形態では、ROM12又はストレージ14には、制御プログラムが格納されている。

[0020] ROM12は、各種プログラム及び各種データを格納する。RAM13は、作業領域として一時的にプログラム又はデータを記憶する。ストレージ14は、HDD(Hard Disk Drive)又はSSD(Solid

State Drive)等の記憶装置により構成され、オペレーティングシステムを含む各種プログラム、及び各種データを格納する。

[0021] 入力部15は、マウス等のポインティングデバイス、及びキーボードを含み、各種の入力を行うために使用される。

[0022] 表示部16は、例えば、液晶ディスプレイであり、各種の情報を表示する。表示部16は、タッチパネル方式を採用して、入力部15として機能してもよい。

[0023] 通信インタフェース17は、端末等の他の機器と通信するためのインタフェースである。当該通信には、例えば、イーサネット（登録商標）若しくはFDDI等の有線通信の規格、又は、4G、5G、若しくはWi-Fi（登録商標）等の無線通信の規格が用いられる。

[0024] 次に、制御システム100における制御装置110の各機能構成について説明する。制御装置110の各機能構成は、CPU11がROM12又はストレージ14に記憶された制御プログラムを読み出し、RAM13に展開して実行することにより実現される。

[0025] 図1に示すように、制御装置110は、記憶部112と、学習モデル選択部120と、転移学習部122と、転移モデル選択部124と、を含んで構成されている。制御装置110の各部については、以下、システム102との関係を参照しつつ説明する。

[0026] 図4は、制御装置110と制御対象のシステム102との関連性を説明するための図である。システム102は、転移モデルの学習元とするシステムを転移元システム102Aとし、転移学習した転移モデルを用いた制御を行うシステムを転移先システム102Bとする。転移元システム102Aは、施設の代表フロアに対応するシステムである。転移先システム102Bは、代表フロアに対して各フロアに対応するシステムである。

[0027] なお、図4のシステム102は、制御装置110の処理によるモデルの転移に必要な部分を説明するための基本構成である。システム102は、図5に示すように、制御学習部1020及びシナリオ算出部1022を含む態様

として説明される。転移元システム102Aの制御学習部1020では、定められた時間だけ空調制御エージェントの強化学習を行う。強化学習には、環境DBの環境データ及びBEMSデータが用いられる。制御学習部1020から学習途中のモデルを用いて作成した制御シナリオを環境シミュレータに入力すると、環境予測結果が制御学習部1020に出力される。制御学習部1020の学習により制御モデルが制御モデルDBに格納される。シナリオ算出部1022は、制御モデルDBの制御モデルを用いてシナリオを算出する。ここで、転移先システム102Bについては、制御装置110により転移モデルで制御モデルDBが更新される。制御モデルは、環境における設備の制御に用いられるモデルであり、シナリオ算出部で制御シナリオを算出するために用いられるモデルである。なお、転移しない場合は転移先システム102Bの中で制御モデルを学習するが、転移する場合は転移学習による転移モデルで制御モデルの学習を代替する。

[0028] 転移元システム102Aでは、通常、深層強化学習をしている前提となる。よって前提として、転移元システム102Aの制御学習部において深層強化学習を行い、学習された制御モデルが制御モデルDBに格納される。制御モデルDBに格納される制御モデルは、(1) 学習が収束している場合の一意の制御モデル、(1) 学習が収束していない場合の複数のモデル候補がある。そのため、(1) 学習が収束していれば、学習済の制御モデルを制御装置110に入力する。(2) 学習が収束していなければ、学習途中のモデル(モデル候補)の全てを制御装置110に入力する。

[0029] 学習モデル選択部120は、転移元システム102Aの制御モデルから、転移元の制御モデル(学習途中のモデルを含む)、当該制御モデルそれぞれの報酬及び罰則の総和のスコア(以下、単にスコアとも記載する)、及び当該制御モデルそれぞれのロス値(損失関数の出力する値)を、転移元モデルの情報として取得する(図4:a1の入力)。学習モデル選択部120は、例えば、転移元システム102Aから入力された転移モデルの中から、所定の指標を用いて、転移の学習対象にするモデルを選択する。なお、学習ステ

ップの順にロス値を並べたものを損失関数の指標とする。

[0030] 学習モデル選択部120では、(1)学習が収束している場合は、学習完了済みの制御モデルが1つしか入力されないので、当該入力の制御モデルをそのまま出力する。よって、この場合、転移モデル選択部124の処理は省略してもよい。(2)学習が収束していない場合は、学習途中のモデルの全てが、報酬及びロス値と共に全て入力され、任意のモデルを選択し、転移学習部122に出力する。学習モデル選択部120で選択するモデルの指標は、例えば「報酬が最大の値であるモデル(スコアが最大のモデル)」、例えば「ロス値(損失関数の出力する値)が最小であるモデル」、及び「打ち切った範囲で一番学習ステップが多いモデル」等とすることができる。選択するモデルは1つ以上の任意の数でよい。以上のように、学習モデル選択部120は、転移元モデルの学習が途中で打ち切られた場合には、学習途中の複数の転移元モデルの中から、報酬、損失関数及び学習ステップの少なくとも1つの指標に基づいて、転移元モデルを選択できる。

[0031] 転移学習部122は、転移先システム102Bの制御学習部で行う制御モデルの学習を代替する。転移学習部122の処理にあたって、転移先システム102Bからは、予め環境データDBの環境データ(BEMSデータを含む)及び環境シミュレータを取得し、記憶部112に格納しておく。転移学習部122は、これらを用いて、転移元の学習済モデル、又は学習途中のモデル候補をベースモデルとして、追加の学習を実施する。

[0032] 転移学習部122は、選択された転移元モデルの重みを転移(転移先のモデルへ複写すること)した状態で複数種類の強化学習を行い、複数のモデルを作成する。複数の転移の方法の例を挙げる。例えば「転移元モデルの重みを初期値とし、全ての重みを更新して強化学習をする」方法(第1の方法)がある。また、例えば「転移元モデルの重みを凍結し、転移した重みは更新しない」方法(第2の方法)をもって強化学習する。これらの方法を選択した1つ以上の転移元モデルそれぞれに、全て適用する。そのため、「(学習モデル選択部120で)選択したモデルの数×(転移学習部122で)適用

した方法の数」、だけモデル（転移モデル候補）が作成される。以上のように、転移学習部 122 は、第 1 の方法及び第 2 の方法をそれぞれ転移元モデルに適用して、複数のモデルを作成する。

[0033] 転移モデル選択部 124 では、転移学習部 122 で作成された転移モデルの報酬及びロス値をもとに、転移モデルを選択する。例えば「転移学習における報酬が最大のモデル」を 1 つ選択する。また、例えば「転移学習におけるロス値が最小のモデル」を 1 つ選択してもよい。また、例えば「転移学習における学習ステップが最多のモデル」を 1 つ選択してもよい。すなわち、転移モデル選択部 124 は、報酬、損失関数、及び学習ステップの何れか 1 つの指標に基づいて転移モデルを選択し、転移先システム 102 B に出力する。転移先システム 102 B では、出力された転移モデルが、制御モデル DB の制御モデルとして更新される。

[0034] 次に、制御システム 100 の作用について説明する。図 6 は、制御処理の流れを示すフローチャートである。制御装置 110 では、CPU 11 が ROM 12 又はストレージ 14 から制御プログラムを読み出して、RAM 13 に展開して実行することにより、制御処理が行なわれる。システム 102（102 A、102 B）を介して処理が行われる。

[0035] ステップ S100 において、転移元システム 102 A（制御学習部 1020）は、例えば、定められた時間だけ空調制御エージェントの強化学習を実施し、学習される制御モデルを制御 DB に保存する。ここで、制御学習部 1020 では、例え 4 時間など限られた時間で転移元の環境シミュレータを用い、空調制御エージェントの強化学習を実施する。強化学習においては獲得した報酬及び罰則の総和のスコアを学習ステップと共に保存する。

[0036] ステップ S102 において、転移元システム 102 A は、制御 DB に保存された 1 又は複数の転移元モデル及び当該転移元モデルの情報を制御装置 110 に出力する。

[0037] ステップ S104 において、CPU 11 は、学習モデル選択部 120 として、入力された転移モデルの中から、所定の指標を用いて、転移の学習対象

にするモデルを選択する。選択態様について例示する。本処理では、例えば、転移元モデルの情報を元に、制御学習部 1020 で行われた強化学習の各学習ステップのスコアを集計し、学習ステップを時間軸とみなしてスコアの移動平均を、例えば 1000 学習ステップごとに算出する。そして、算出したスコアの移動平均の最大値の周辺で最大のステップに最も近いモデルを空調制御エージェントの候補として選択する。また、限られた時間内の最後の学習ステップのモデルも空調制御エージェントの候補として選択する。なお、スコアは、報酬に代えてロス値を用いてもよい。

[0038] ステップ S106 において、CPU11 は、転移学習部 122 として、転移元モデルの重みを転移した状態で複数種類の強化学習を行い、複数のモデルを作成する。本処理ステップの強化学習は、選択した転移元モデルを初期値とした新しい空調制御エージェントを例えば 2 つ作成して、複数種類の強化学習を実施する。第 1 の方法は、出力層以外をすべて凍結させて学習による更新を行わないようにする。第 2 の方法は、全ての層を凍結せず、全ての層を学習によって更新する。本処理では、それぞれの方法で、強化学習をそれぞれ実施する。

[0039] ステップ S108 において、CPU11 は、転移モデル選択部 124 として、作成された複数のモデルの報酬及びロス値をもとに、転移モデルを選択する。本処理ステップでは、例えば、複数のモデル（転移モデル候補）を学習した各学習ステップのスコアを集計し、学習ステップを時間軸とみなしてスコアの移動平均を、例えば 1000 学習ステップごとに算出する。そして、スコアの移動平均の最大値の周辺で最大のステップに最も近いモデルを転移モデルとして選択する。

[0040] ステップ S110 において、CPU11 は、転移モデル選択部 124 として、選択した転移モデルを転移先モデルに出力する。

[0041] ステップ S112 において、転移先システム 102B（シナリオ算出部 1022）は、入力された転移モデル（制御モデル）を用いて、当該システムに対応するフロアにおける制御シナリオを算出する。

[0042] 以上説明したように本実施形態の制御システム 100 によれば、転移学習を用いて、学習に係る計算コストを削減できる。

[0043] 図 7 は、本実施形態の手法のイメージを示す概略図である。オフィスビルなど環境が類似した空間（フロア）が複数存在する場合において、任意の 1 ～少数の空間で限られた時間で学習を打ち切ったモデルの中から最良のモデルを複数選択する。例えば、オフィスビルなどでは類似した環境の空間（フロア）が複数個あることが想定される。30 階建てのオフィスビルなら 30 個のフロアなど、区切りを考慮すれば 30 以上の転移元システムが想定される。そのため、モデルを転移させると転移先のフロアでは学習時間が削減できる。

[0044] また、他の空間へ 1 つ以上の方法で転移させることで、複数の空間の学習を独立に行った場合の総学習時間よりも少ない時間で学習が可能である。転移モデル候補を複数個学習し、その中で最良の転移モデルを空間ごとに選択することで、学習及び推論に必要なトータルの計算コストを削減することができる。転移による学習時間の削減について例示する。削減率を  $\alpha$  とし、1 フロアの学習時間  $T$  に対して  $\alpha T < T$  で学習できるとする。この場合、30 フロアの学習に  $30 T$  必要だったところが、 $T + 29 \alpha T < 30 T$  で学習できるようになり、この  $\alpha$  が大きくなるほど削減量は大きくなり、1 フロア平均の学習コストを抑えられる。

[0045] なお、上述した実施形態に限定されるものではなく、種々の変形により実施することができる。例えば、学習モデル選択部 120 における指標は、報酬及び罰則の総和のスコアを例示したがこれに限定されるものではない。例えば、指標をスコアの代わりに以下の各条件を用いて、学習モデル選択部 120 で該当の条件の最大値又は最小値を選択基準としてもよい。また、以下の組み合わせを指標としてもよい。同様に、転移モデル選択部 124 においても、以下の各条件を及び以下の組み合わせを指標としてもよい。

- ・ 損失関数の出力するロス値の  $-1$  倍（ $-1$  倍は最小値を指す）
- ・ 外気温と学習ステップの中でシミュレートした室温の相関係数

- ・ 天気情報における湿度と学習ステップの中でシミュレートした湿度の相関係数
- ・ 学習ステップの中でモデルが選択したアクションの種別の数
- ・ 環境シミュレータのPMV値の絶対値の－1倍
- ・ スコアの移動平均、及び、上記の指標の2つ以上の線形結合による値

[0046] なお、上記実施形態でCPUがソフトウェア（プログラム）を読み込んで実行した制御処理を、CPU以外の各種のプロセッサが実行してもよい。この場合のプロセッサとしては、FPGA（Field-Programmable Gate Array）等の製造後に回路構成を変更可能なPLD（Programmable Logic Device）、GPU（Graphics Processing Unit）、及びASIC（Application Specific Integrated Circuit）等の特定の処理を実行させるために専用に設計された回路構成を有するプロセッサである専用電気回路等が例示される。また、制御処理を、これらの各種のプロセッサのうちの1つで実行してもよいし、同種又は異種の2つ以上のプロセッサの組み合わせ（例えば、複数のFPGA、及びCPUとFPGAとの組み合わせ等）で実行してもよい。また、これらの各種のプロセッサのハードウェア的な構造は、より具体的には、半導体素子等の回路素子を組み合わせた電気回路である。

[0047] また、上記実施形態では、プログラムがストレージ14に予め記憶（インストール）されている態様を説明したが、これに限定されない。プログラムは、CD-ROM（Compact Disk Read Only Memory）、DVD-ROM（Digital Versatile Disk Read Only Memory）、及びUSB（Universal Serial Bus）メモリ等の非一時的（non-transitory）記憶媒体に記憶された形態で提供されてもよい。また、プログラムは、ネットワークを介して外部装置からダウンロードされる形態としてもよい。

[0048] 以上の実施形態に関し、更に以下の付記を開示する。

[0049] (付記項 1)

メモリと、

前記メモリに接続された少なくとも 1 つのプロセッサと、

を含み、

前記プロセッサは、

強化学習を用いた転移学習において、所定の制御に用いられるモデルであって予め転移元で学習された 1 又は複数の転移元モデルの情報をを用いて、複数のモデルを得るための所定の方法で転移学習を行い、複数のモデルを作成し、

報酬、損失関数及び学習ステップの少なくとも 1 つの指標に基づいて、作成された複数のモデルの中から、転移先に出力する転移モデルを選択する、ように構成されている制御装置。

[0050] (付記項 2)

制御処理を実行するようにコンピュータによって実行可能なプログラムを記憶した非一時的記憶媒体であって、

強化学習を用いた転移学習において、所定の制御に用いられるモデルであって予め転移元で学習された 1 又は複数の転移元モデルの情報をを用いて、複数のモデルを得るための所定の方法で転移学習を行い、複数のモデルを作成し、

報酬、損失関数及び学習ステップの少なくとも 1 つの指標に基づいて、作成された複数のモデルの中から、転移先に出力する転移モデルを選択する、非一時的記憶媒体。

## 符号の説明

[0051] 1 0 0 制御システム

1 0 2 システム

1 0 2 A 転移元システム

1 0 2 B 転移先システム

1 1 0 制御装置

1 1 2 記憶部

1 2 0 学習モデル選択部

1 2 2 転移学習部

1 2 4 転移モデル選択部

1 0 2 0 制御学習部

1 0 2 2 シナリオ算出部

## 請求の範囲

- [請求項1] 強化学習を用いた転移学習において、所定の制御に用いられるモデルであって予め転移元で学習された1又は複数の転移元モデルの情報を  
用いて、複数のモデルを得るための所定の方法で転移学習を行い、  
複数のモデルを作成する転移学習部と、  
報酬、損失関数及び学習ステップの少なくとも1つの指標に基づいて、作成された複数のモデルの中から、転移先に出力する転移モデルを選択する転移モデル選択部と、  
を含む制御装置。
- [請求項2] 学習モデル選択部を更に含み、  
前記学習モデル選択部は、前記転移元モデルの学習が途中で打ち切られた場合には、学習途中の複数の転移元モデルの中から、報酬、損失関数及び学習ステップの少なくとも1つの指標に基づいて、前記転移学習の対象とする1以上の前記転移元モデルを選択する、請求項1に記載の制御装置。
- [請求項3] 前記学習モデル選択部は、前記報酬に関する前記指標として、前記転移元モデルの情報として、各学習の報酬及び罰則の総和のスコアを集計し、学習ステップを時間軸とみなしてスコアの移動平均を算出する、請求項2に記載の制御装置。
- [請求項4] 前記転移学習部は、前記所定の方法による転移学習において、第1の方法として、前記転移元モデルの重みを初期値とし、全ての重みを更新して強化学習をする方法を用い、第2の方法として、転移元モデルの重みを凍結し、転移した重みは更新しない方法を用い、前記第1の方法及び前記第2の方法をそれぞれ前記転移元モデルに適用して、複数のモデルを作成する、請求項1に記載の制御装置。
- [請求項5] 強化学習を用いた転移学習において、所定の制御に用いられるモデルであって予め転移元で学習された1又は複数の転移元モデルの情報を  
用いて、複数のモデルを得るための所定の方法で転移学習を行い、

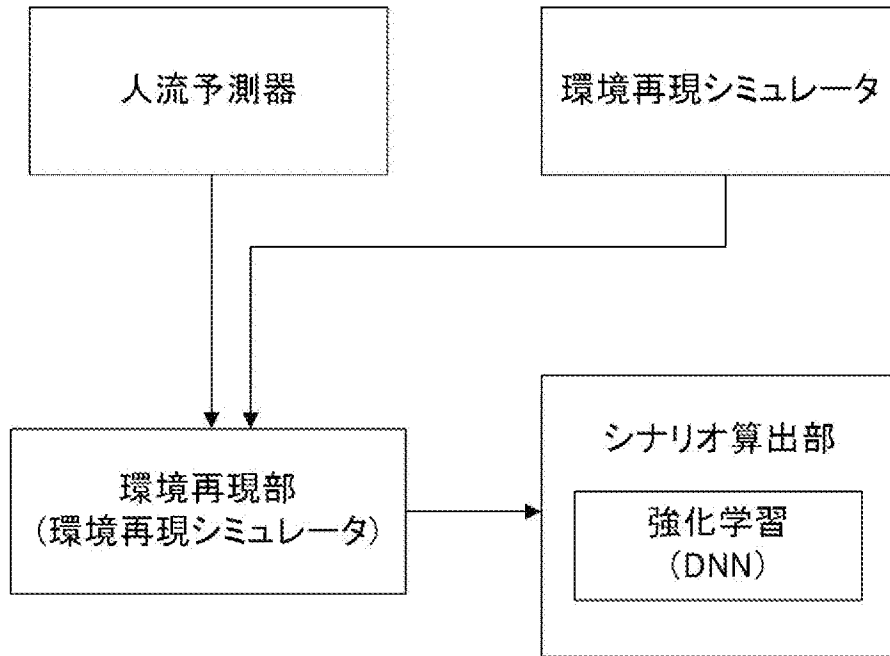
複数のモデルを作成し、

報酬、損失関数及び学習ステップの少なくとも1つの指標に基づいて、作成された複数のモデルの中から、転移先に出力する転移モデルを選択する、

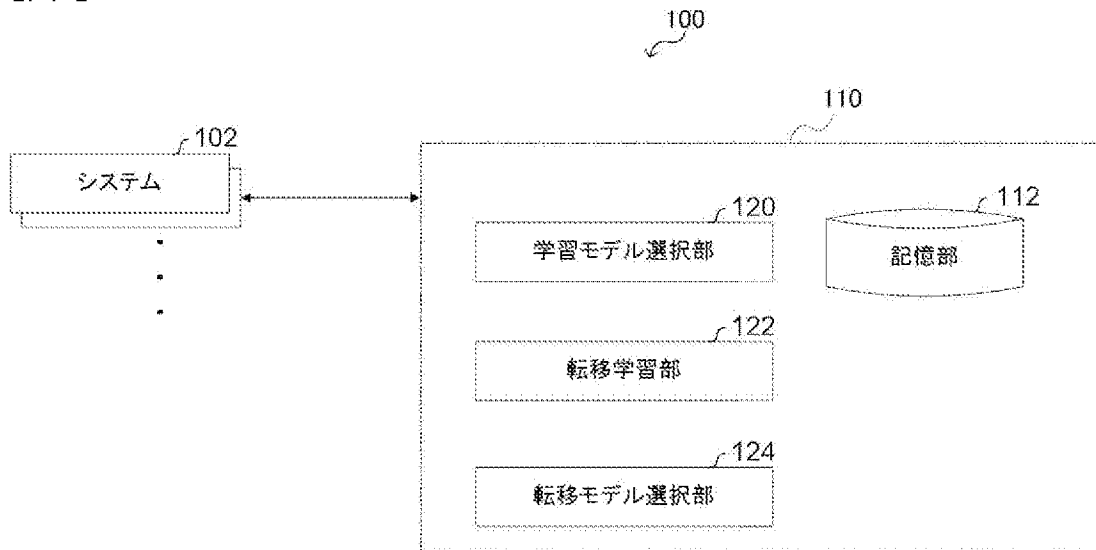
処理をコンピュータが実行する制御方法。

[請求項6]      コンピュータを請求項1～4の何れか1項に記載の制御装置の各部として機能させるためのプログラム。

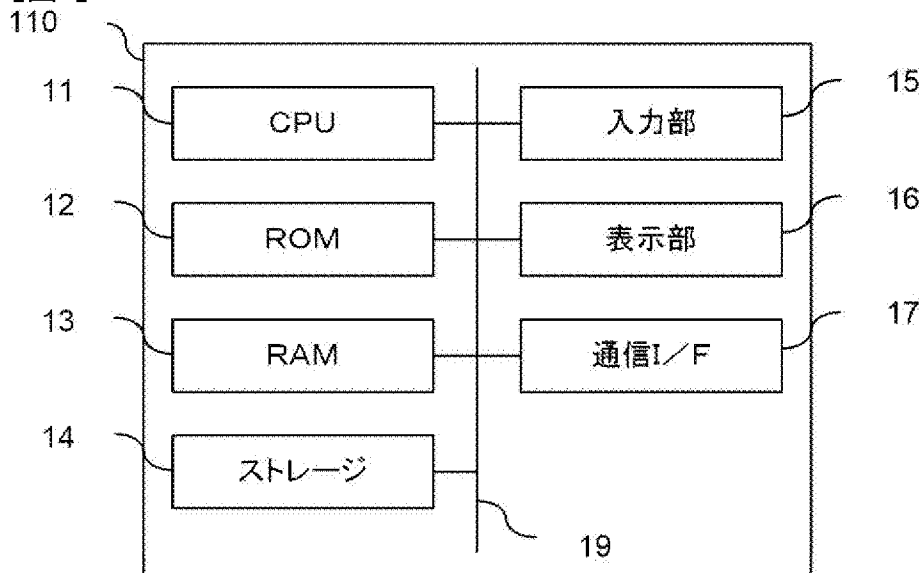
[図1]



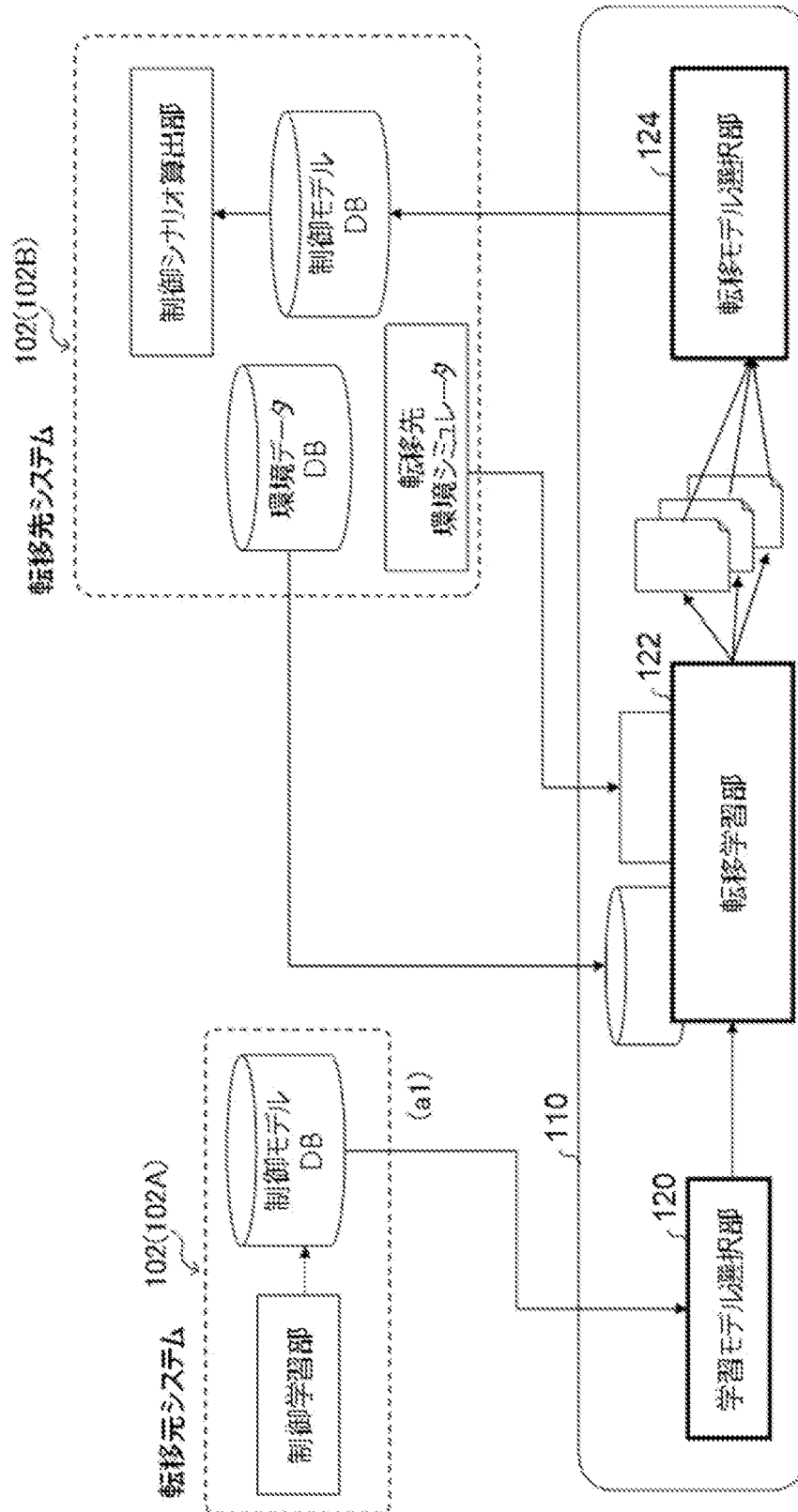
[図2]



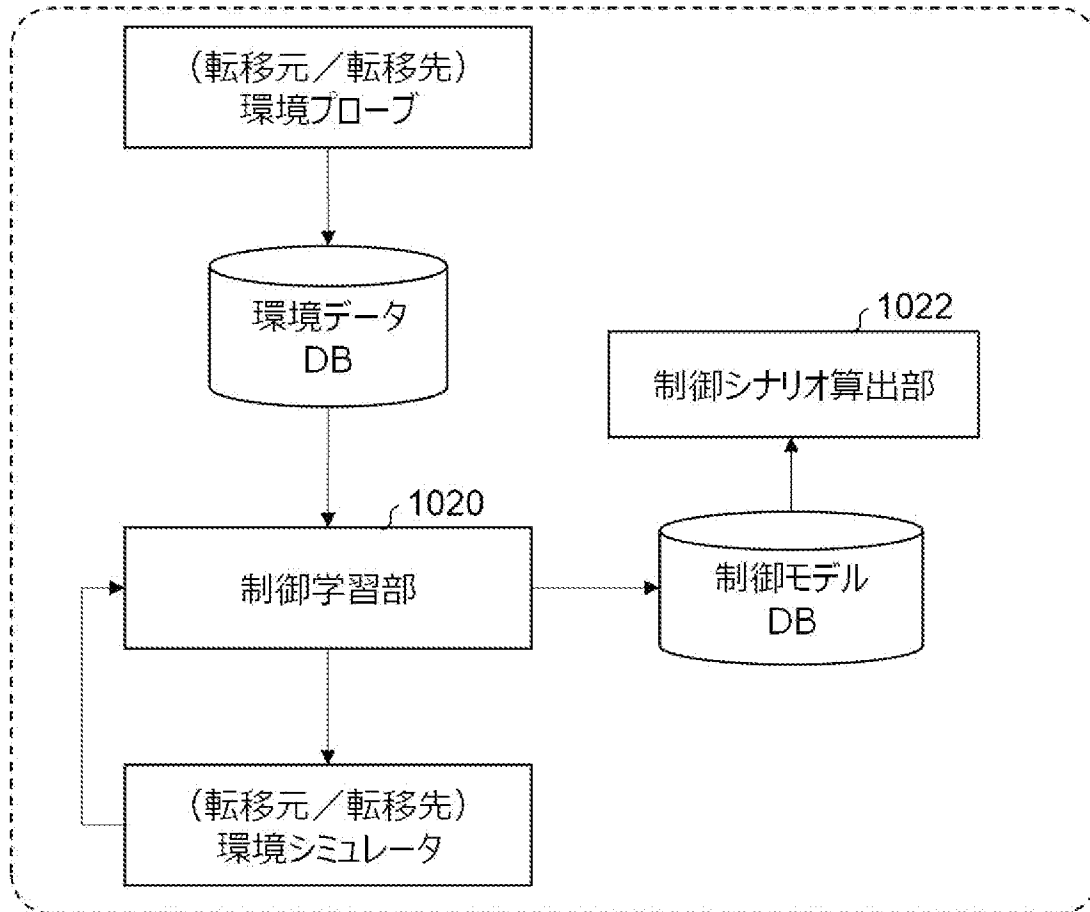
[図3]



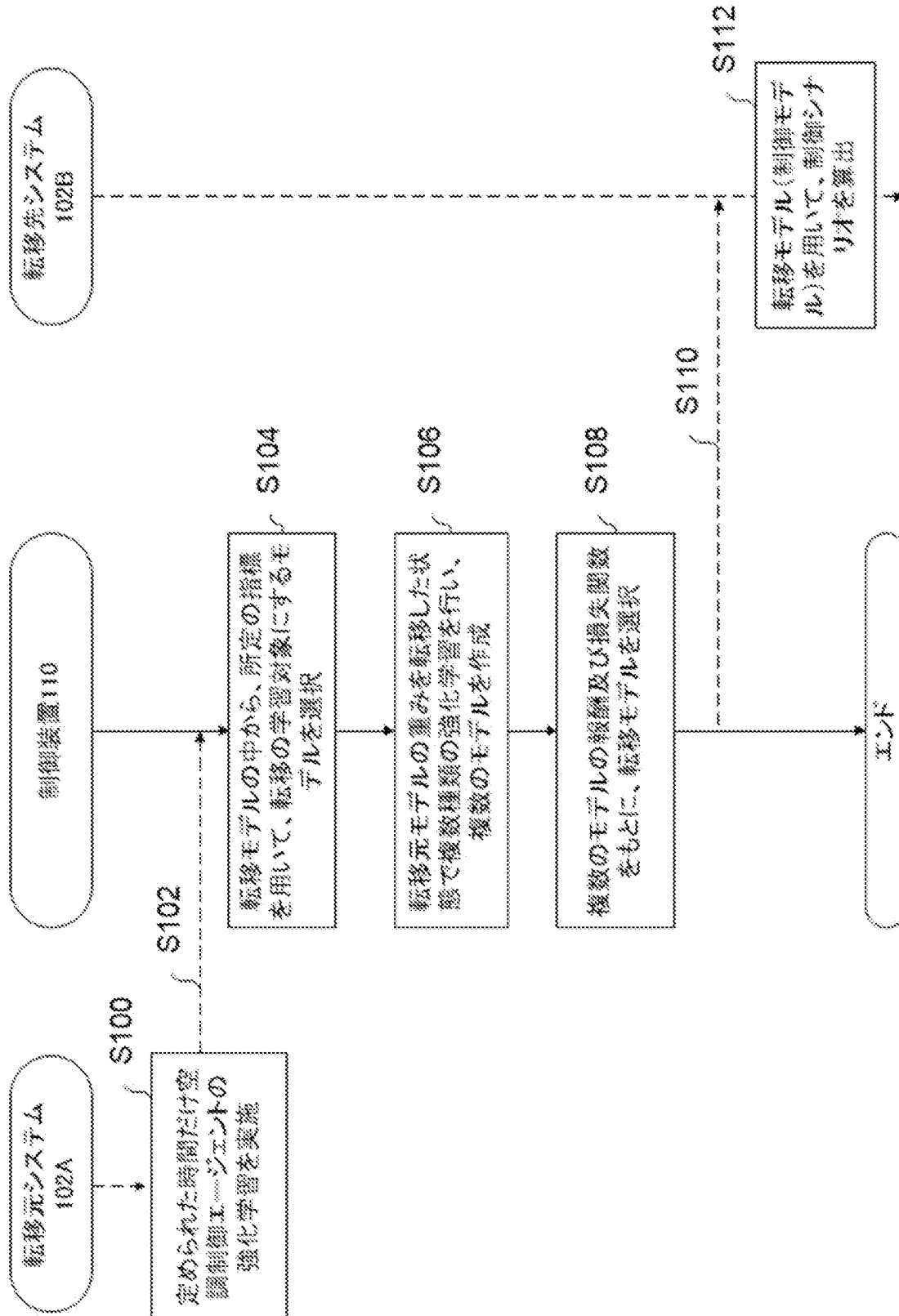
[図4]



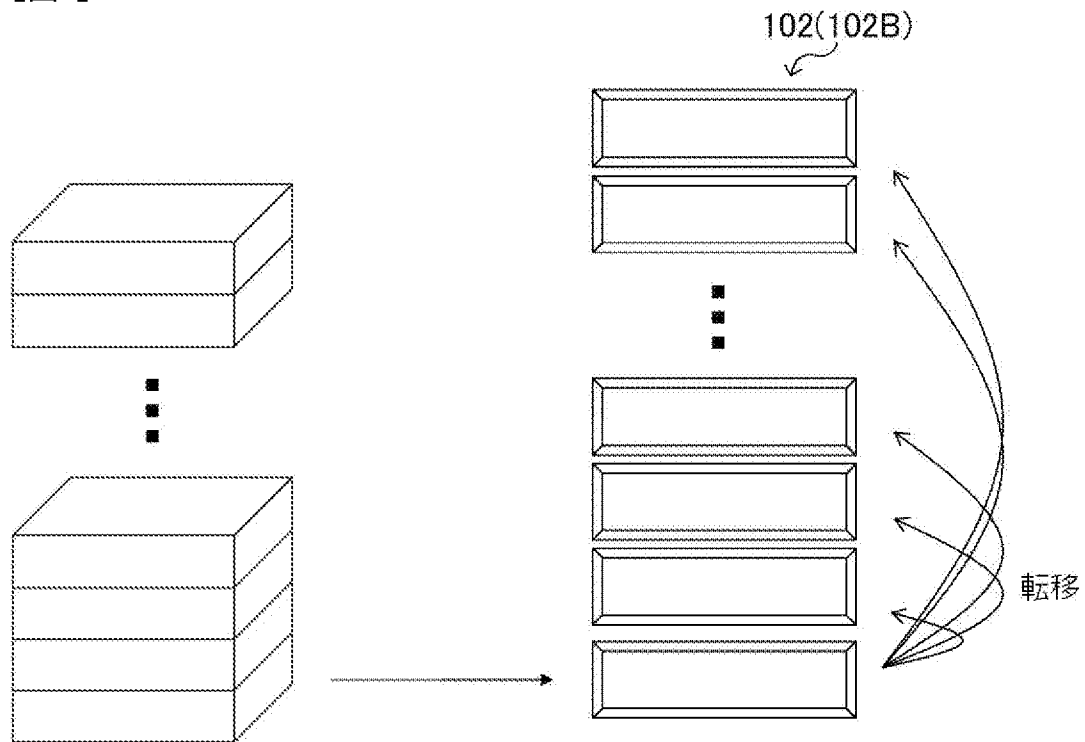
[図5]



[図6]



[図7]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/030055

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****G06N 20/00**(2019.01)i; **G06N 3/092**(2023.01)i; **G06N 3/096**(2023.01)i

FI: G06N20/00; G06N3/092; G06N3/096

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; G06N3/092; G06N3/096

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 1971-2023  
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023  
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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. |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Y         | JP 2021-089446 A (DAIKIN INDUSTRIES, LTD.) 10 June 2021 (2021-06-10)<br>paragraphs [0025]-[0031]                            | 1-2, 4-6              |
| Y         | JP 2022-153142 A (SONY GROUP CORPORATION) 12 October 2022 (2022-10-12)<br>paragraphs [0069], [0092], [0104], [0105]         | 1-2, 4-6              |
| Y         | JP 2021-182329 A (HITACHI, LTD.) 25 November 2021 (2021-11-25)<br>paragraphs [0055]-[0058], [0065]                          | 1-2, 4-6              |
| Y         | JP 2022-174740 A (SHIMADZU CORPORATION) 24 November 2022 (2022-11-24)<br>paragraphs [0018], [0099]-[0107]                   | 1-2, 4-6              |
| Y         | JP 2021-117625 A (OKUMURA CORP.) 10 August 2021 (2021-08-10)<br>paragraph [0071]                                            | 4, 6                  |
| A         | WO 2021/157067 A1 (HITACHI HIGH-TECH CORPORATION) 12 August 2021<br>(2021-08-12)<br>paragraphs [0030]-[0034], [0076]-[0080] | 3                     |



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

17 October 2023

Date of mailing of the international search report

31 October 2023

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**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/JP2023/030055**

| Patent document<br>cited in search report |             |    | Publication date<br>(day/month/year) | Patent family member(s)                                                                                    | Publication date<br>(day/month/year) |
|-------------------------------------------|-------------|----|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| JP                                        | 2021-089446 | A  | 10 June 2021                         | (Family: none)                                                                                             |                                      |
| JP                                        | 2022-153142 | A  | 12 October 2022                      | WO 2022/209299 A1<br>paragraphs [0069], [0092],<br>[0104], [0105]                                          |                                      |
| JP                                        | 2021-182329 | A  | 25 November 2021                     | WO 2021/235177 A1<br>paragraphs [0055]-[0058],<br>[0065]                                                   |                                      |
| JP                                        | 2022-174740 | A  | 24 November 2022                     | (Family: none)                                                                                             |                                      |
| JP                                        | 2021-117625 | A  | 10 August 2021                       | (Family: none)                                                                                             |                                      |
| WO                                        | 2021/157067 | A1 | 12 August 2021                       | US 2023/0004811 A1<br>paragraphs [0048]-[0052],<br>[0094]-[0098]<br>KR 10-2022-0116270 A<br>CN 115004195 A |                                      |

| A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））<br>G06N 20/00(2019.01)i; G06N 3/092(2023.01)i; G06N 3/096(2023.01)i<br>FI: G06N20/00; G06N3/092; G06N3/096                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                         |                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 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））<br>G06N20/00; G06N3/092; G06N3/096                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                         |                |
| 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<br>日本国実用新案公報 1922-1996年<br>日本国公開実用新案公報 1971-2023年<br>日本国実用新案登録公報 1996-2023年<br>日本国登録実用新案公報 1994-2023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<br>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<br>請求項の番号 |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | JP 2021-089446 A（ダイキン工業株式会社）10.06.2021（2021-06-10）<br>段落[0025]-[0031]                   | 1-2, 4-6       |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | JP 2022-153142 A（ソニーグループ株式会社）12.10.2022（2022-10-12）<br>段落[0069], [0092], [0104]及び[0105] | 1-2, 4-6       |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | JP 2021-182329 A（株式会社日立製作所）25.11.2021（2021-11-25）<br>段落[0055]-[0058]及び[0065]            | 1-2, 4-6       |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | JP 2022-174740 A（株式会社島津製作所）24.11.2022（2022-11-24）<br>段落[0018]及び[0099]-[0107]            | 1-2, 4-6       |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | JP 2021-117625 A（株式会社奥村組）10.08.2021（2021-08-10）<br>段落[0071]                             | 4, 6           |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | WO 2021/157067 A1（株式会社日立ハイテク）12.08.2021（2021-08-12）<br>段落[0030]-[0034]及び[0076]-[0080]   | 3              |
| <input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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<br>“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<br>“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<br>“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）<br>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献<br>“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<br>“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<br>“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<br>“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<br>“&” 同一パテントファミリー文献 |                                                                                         |                |
| 国際調査を完了した日<br>17.10.2023                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 国際調査報告の発送日<br>31.10.2023                                                                |                |
| 名称及びあて先<br>日本国特許庁(ISA/JP)<br>〒100-8915<br>日本国<br>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）<br>坂庭 剛史 5B 9288<br>電話番号 03-3581-1101 内線 3545                           |                |

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/JP2023/030055

| 引用文献 |             |    | 公表日        | パテントファミリー文献                      | 公表日 |
|------|-------------|----|------------|----------------------------------|-----|
| JP   | 2021-089446 | A  | 10.06.2021 | (ファミリーなし)                        |     |
| JP   | 2022-153142 | A  | 12.10.2022 | WO 2022/209299 A1                |     |
|      |             |    |            | 段落[0069], [0092], [0104]及び[0105] |     |
| JP   | 2021-182329 | A  | 25.11.2021 | WO 2021/235177 A1                |     |
|      |             |    |            | 段落[0055]-[0058]及び[0065]          |     |
| JP   | 2022-174740 | A  | 24.11.2022 | (ファミリーなし)                        |     |
| JP   | 2021-117625 | A  | 10.08.2021 | (ファミリーなし)                        |     |
| WO   | 2021/157067 | A1 | 12.08.2021 | US 2023/0004811 A1               |     |
|      |             |    |            | 段落[0048]-[0052]及び[0094]-[0098]   |     |
|      |             |    |            | KR 10-2022-0116270 A             |     |
|      |             |    |            | CN 115004195 A                   |     |