

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7374349号  
(P7374349)

(45)発行日 令和5年11月6日(2023.11.6)

(24)登録日 令和5年10月26日(2023.10.26)

(51)国際特許分類	F I
F 2 4 F 11/62 (2018.01)	F 2 4 F 11/62
F 2 4 F 11/74 (2018.01)	F 2 4 F 11/74
F 2 4 F 11/79 (2018.01)	F 2 4 F 11/79
F 2 4 F 11/80 (2018.01)	F 2 4 F 11/80
F 2 4 F 11/56 (2018.01)	F 2 4 F 11/56

請求項の数 13 (全35頁) 最終頁に続く

(21)出願番号	特願2022-573082(P2022-573082)	(73)特許権者	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(86)(22)出願日	令和3年12月27日(2021.12.27)	(74)代理人	100095407 弁理士 木村 満
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/048556	(74)代理人	100131152 弁理士 八島 耕司
(87)国際公開番号	WO2022/145417	(74)代理人	100147924 弁理士 美恵 英樹
(87)国際公開日	令和4年7月7日(2022.7.7)	(74)代理人	100148149 弁理士 渡邊 幸男
審査請求日	令和5年2月21日(2023.2.21)	(74)代理人	100181618 弁理士 宮脇 良平
(31)優先権主張番号	特願2020-219762(P2020-219762)	(74)代理人	100174388 弁理士 龍竹 史朗
(32)優先日	令和2年12月29日(2020.12.29)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 学習装置、空気調和機、通信端末、空気調和システム、及び空気調和機の制御の学習方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

空気調和機が有するセンサのセンサ情報及び運転目標が入力される状態観測部であって、前記空気調和機の運転目標に基づいて、前記空気調和機の制御をするために利用するセンサを選択する利用センサ選択部、及び、前記利用センサ選択部で選択されたセンサのセンサ情報に基づいて状態関数を生成する状態関数生成部を有する状態観測部と、

前記状態関数生成部で生成された前記状態関数を用いて、空気調和機の制御方法を推論するための学習済モデルである制御ルールを生成する学習部と、を備え、

前記状態関数生成部は、前記センサ情報に基づいて、前記状態関数を生成するための状態又は行動の数を変更することができる、

学習装置。

【請求項2】

前記制御ルールは、前記空気調和機の送風温度を制御するための冷凍サイクル制御ルール及び前記空気調和機の送風の風量及び風向を制御するための気流制御ルールである、

請求項1に記載の学習装置。

【請求項3】

前記利用センサ選択部は、前記空気調和機とは別個に設けられたセンサ情報がさらに入力され、前記空気調和機のセンサ情報、前記空気調和機とは別個に設けられたセンサ情報、及び前記運転目標に基づいて、利用センサを選択する、

請求項1又は2に記載の学習装置。

## 【請求項 4】

前記利用センサ選択部は、利用センサとして熱画像センサを選択する場合に、少なくとも 2 点以上の測定点を選択して観測データとする、  
 請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の学習装置。

## 【請求項 5】

前記状態関数は、状態と行動の選択肢を含む Q - T a b l e である、  
 請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の学習装置。

## 【請求項 6】

前記状態観測部は、前記空気調和機が設置された室内のユーザの人数を計数する室内人数計数部をさらに備え、

前記状態関数生成部は、少なくとも 2 種類以上の Q - T a b l e を生成し、

前記室内人数計数部は、計数したユーザの人数に応じて前記 2 種類以上の Q - T a b l e を選択する、  
 請求項 5 に記載の学習装置。

## 【請求項 7】

請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の学習装置と、

前記学習装置から入力された制御ルールを用いて制御を行う室内機及び室外機と、  
 を備えた空気調和機。

## 【請求項 8】

請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の学習装置を備え、

前記空気調和機と通信可能に設けられた通信端末。

## 【請求項 9】

請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の学習装置と、

前記学習装置と通信可能に設けられた空気調和機と、を備え、

前記学習装置は、前記学習部で生成された制御ルールを記憶する第 1 の記憶部と、前記第 1 の記憶部に記憶された制御ルールを空気調和機へ送信する制御ルール送信部と、をさらに有し、

前記空気調和機は、前記学習装置の前記制御ルール送信部から送信された制御ルールを記憶する第 2 の記憶部と、前記第 2 の記憶部に記憶された制御ルールを用いて空気調和機の制御を行う制御部と、を有する空気調和システム。

## 【請求項 10】

前記学習装置は、前記空気調和機と通信可能なネットワーク上のサーバに設けられる、  
 請求項 9 に記載の空気調和システム。

## 【請求項 11】

前記空気調和システムは、前記学習装置と通信可能に設けられた周辺装置をさらに備え、

前記周辺装置は、前記周辺装置の運転情報を前記学習装置へ送信する運転情報送信部と、前記制御ルール送信部から送信される制御ルールを用いて制御を行う運転制御部と、を有する、  
 請求項 9 又は 10 に記載の空気調和システム。

## 【請求項 12】

前記センサの測定値に基づいて状態推定値を推定して前記センサの測定値を補間するセンサ測定値補間部を備える、

請求項 9 から 11 のいずれか 1 項に記載の空気調和システム。

## 【請求項 13】

空気調和機の運転目標及びセンサ情報が入力され、前記空気調和機の制御をするために利用するセンサを選択するステップと、

利用センサとして選択されたセンサ情報に基づいて状態関数を生成するステップと、

生成された前記状態関数を用いて、空気調和機の制御方法を推論するための学習済モデルである制御ルールを生成するステップと、を含み、  
 前記状態関数を生成するステップでは、前記センサ情報に基づいて、前記状態関数を生

10

20

30

40

50

成するための状態又は行動の数を変更することができる。

\_\_空気調和機の制御の学習方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、学習装置、学習装置を備えた空気調和機、学習装置を備えた通信端末、空気調和システム、及び空気調和機の制御の学習方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、機械学習によって空気調和機の制御を学習する空気調和システムの技術がある。このような従来の空気調和システムでは、空気調和機の制御を決定するために用いる複数の学習モデルを備え、機械の設置状況や稼働状況に応じて学習モデルを切り替えることで、状況に応じた制御の学習を可能としていた（例えば、特許文献1参照）。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開2019-66135号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、従来の学習装置では、空気調和機及びその外部に設けられた種々のセンサに対応した汎用的な学習ができないという課題があった。

20

【0005】

本開示は、上記した課題を解決するためになされたものであり、種々のセンサに対応した汎用的な学習をすることができる空気調和機の学習装置を得ることを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本開示に係る学習装置は、空気調和機が有するセンサのセンサ情報及び運転目標が入力される状態観測部であって、空気調和機の運転目標に基づいて、空気調和機の制御をするために利用するセンサを選択する利用センサ選択部、及び、利用センサ選択部で選択されたセンサのセンサ情報に基づいて状態関数を生成する状態関数生成部を有する状態観測部と、状態関数生成部で生成された状態関数を用いて、空気調和機の制御方法を推論するための学習済モデルである制御ルールを生成する学習部と、を備える。状態関数生成部は、センサ情報に基づいて、状態関数を生成するための状態又は行動の数を変更することができる。

30

【発明の効果】

【0007】

本開示に係る学習装置は、種々のセンサに対応した汎用的な学習をすることができるという効果を有する。

40

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】実施の形態1の空気調和システムを示す機能ブロック図である。

【図2】実施の形態1の空気調和システムのハードウェア構成を示す概略図である。

【図3】実施の形態1の空気調和機の冷凍サイクルを示す概略図である。

【図4】実施の形態1の空気調和機の室内機を示す断面図である。

【図5】実施の形態1の空気調和機の室内機に設けられる熱交換器を示す断面図である。

【図6】実施の形態1の空気調和機の室内機が室内に設置された状態を示す概略図である。

【図7】実施の形態1の空気調和機で暖房運転した場合の室内気流の例を示す概略図である。

50

- 【図 8】実施の形態 1 の空気調和機の気流制御を説明するための概略図である。
- 【図 9】実施の形態 1 の空気調和機の室内機に備えられるセンサを示す概略図である。
- 【図 10】実施の形態 1 の空気調和機の室内機が設置された室内を示す概略図である。
- 【図 11】実施の形態 1 の空気調和機の吹出風の風向制御の例を示す概略図である。
- 【図 12】実施の形態 1 の学習装置の学習に用いるセンサ項目表の一例である。
- 【図 13】実施の形態 1 の学習装置の学習方法を説明するためのフローチャートである。
- 【図 14】実施の形態 1 の空気調和システムに用いられる温度の測定点を示す概略図である。
- 【図 15】実施の形態 1 の空気調和システムに用いられる風向の角度を示す概略図である。
- 【図 16】実施の形態 1 の学習装置によって定義される「状態」の一例を示す表である。 10
- 【図 17】実施の形態 1 の学習装置によって作成される Q - T a b l e の一例である。
- 【図 18】実施の形態 1 の空気調和システムに用いられる温度の測定点を示す概略図である。
- 【図 19】実施の形態 2 の空気調和システムを示す機能ブロック図である。
- 【図 20】実施の形態 3 の空気調和システムを示す機能ブロック図である。
- 【図 21】実施の形態 3 の学習装置によって作成されるセンサ項目表の一例である。
- 【図 22】実施の形態 3 の学習装置によって作成される Q - T a b l e の一例である。
- 【図 23】実施の形態 3 の空気調和システムの変形例を説明するための概略図である。
- 【図 24】実施の形態 4 の空気調和システムを示す機能ブロック図である。
- 【図 25】実施の形態 4 の学習装置の学習方法を説明するためのフローチャートである。 20
- 【図 26】実施の形態 4 の学習装置の学習に用いられる Q - T a b l e の一例である。
- 【図 27】実施の形態 6 の空気調和システムを示す機能ブロック図である。
- 【図 28】実施の形態 6 の空気調和システムに用いられる温度の測定点を示す概略図である。
- 【図 29】実施の形態 6 の空気調和システムに用いられる温度の再サンプリング点を示す概略図である。
- 【図 30】実施の形態 6 の空気調和システムに用いられる状態推定値を示す概略図である。
- 【発明を実施するための形態】
- 【0009】
- 以下、図面に基づいて実施の形態について説明する。なお、以下の図面において同一又は相当する部分には同一の符号を付し、その説明は繰り返さない。 30
- 【0010】
- 実施の形態 1 .
- 実施の形態 1 の学習装置、学習装置を備えた空気調和システム、及び空気調和機の制御の学習方法について、図 1 から図 18 を用いて説明する。なお、実施の形態 1 では、温度センサ及び熱画像センサを備えた空気調和機を用いて、室内の上下温度差を小さくする温度均一制御を学習する例を説明するが、これに限られるものではない。
- 【0011】
- まず、実施の形態 1 の空気調和システムの全体構成について、図 1 及び図 2 を用いて説明する。図 1 は、本実施の形態の空気調和システム 100 を示す機能ブロック図である。 40
- 図 2 は、空気調和システム 100 のハードウェア構成を示す概略図である。
- 【0012】
- 本実施の形態の空気調和システム 100 は、図 1 に示すように、空気調和機 1 及び学習装置 3 を備える。空気調和機 1 は、図 1 及び図 2 に示すように、室内機 10 及び室外機 20 を有している。また、学習装置 3 は、空気調和機 1 に備えられたセンサ等の情報に基づいて空気調和機 1 の制御方法を学習する。なお、学習装置 3 の詳細については後述するが、図 2 に示すハードウェア構成において、学習装置 3 は通信端末 5 に実装される。
- 【0013】
- まず、空気調和機 1 の構成について、図 3 から図 5 を用いて説明する。
- 【0014】

図3は、空気調和機1の冷凍サイクルを示す概略図である。図3に示すように、空気調和機1は、1台の室内機10及び1台の室外機20を備える。室内機10は、熱交換器11及びファン12を有する。室外機20は、熱交換器21、ファン22、圧縮機23及び膨張弁24を有する。空気調和機1は、このような構成により、全体として冷凍サイクルを構成している。

#### 【0015】

熱交換器11及び熱交換器21の温度は、室内機10のファン12及び室外機20のファン22の回転数、圧縮機23の回転周波数、並びに膨張弁24の開度によって冷媒の温度を調整することにより変更することができる。以下では、このようなファンの回転数、圧縮機の回転周波数、及び膨張弁の開度の調整によって行う熱交換器の温度制御のことを「冷凍サイクル制御」と呼ぶものとする。

10

#### 【0016】

冷凍サイクルにおいて、室内機10に設けられる熱交換器11と室外機20に設けられる熱交換器21とは、いずれか一方が蒸発器を構成し、他方が凝縮器を構成する。空気調和機1は、図2に示すように、蒸発器を構成する熱交換器と、凝縮器を構成する熱交換器との運転を切り替える四方弁25（図3では図示せず）を有することで、暖房運転と冷房運転とを切り替えることができる。

#### 【0017】

図4は、空気調和機1の室内機10を示す断面図である。なお、本実施の形態では壁掛方式のルームエアコンを例として示す。室内機10は、図4に示すように、熱交換器11及びファン12に加えて、送風方向を制御する風向制御板13、14を有する。風向制御板13は、上下方向に風向を制御するものである。また、風向制御板14は、左右方向に風向を制御するものである。つまり、室内機10は、2種類の風向制御板（上下）13及び風向制御板（左右）14を有する。

20

#### 【0018】

図4(a)は、風向制御板（上下）13の角度調整によって、吹出口から送風される吹出風B1が下方向になるように制御した図である。一方、図4(b)は、風向制御板（上下）13の角度調整によって、吹出口から送風される吹出風B2が水平方向になるように制御した図である。このように、風向制御板13、14の角度調整によって吹出口での吹出風の風向を制御することができる。また、これに加えて、室内機10では、ファン12の回転数を調整することによって吹出風の風量を制御することができる。以下では、このような吹出風の風向及び風量の制御を「気流制御」と呼ぶものとする。

30

#### 【0019】

図5は、室内機10に設けられる熱交換器11を示す断面図である。熱交換器11は、配管11a及びフィン11bを有し、配管11a内を冷媒が流れる。ファン12によって室内機10内に取り込まれた空気は、吸込口から、熱交換器11へと至り、熱交換器11のフィン11b間を通過する。熱交換器11を介して空気と冷媒との間で熱交換が生じ、空気流れにおける温度が変化する。

#### 【0020】

より詳細には、暖房運転時は、熱交換器11に取り込まれる空気の温度より冷媒の温度が高く、吹出口からは温風が送風される。一方、冷房運転時は、熱交換器11に取り込まれる空気の温度より冷媒の温度が低く、吹出口からは冷風が送風される。

40

#### 【0021】

上述したように、図3に示す冷凍サイクルでは、室内機10のファン12及び室外機20のファン22の回転数、圧縮機23の回転周波数、並びに膨張弁24の開度によって冷媒の温度を調整することにより、室内機10の熱交換器11及び室外機20の熱交換器21の温度を調整できる。つまり、「冷凍サイクル制御」による熱交換器11の温度調整によって、室内機10における吹出風の温度を制御することができる。

#### 【0022】

以上より、空気調和機1では、「気流制御」によって吹出風の風向及び風量を制御する

50

ことができ、「冷凍サイクル制御」によって吹出風の温度を制御することができるといえる。つまり、空気調和機 1 の室内機 10 が設置された室内の温熱環境は、「気流制御」及び「冷凍サイクル制御」の 2 つの制御が関わるものである。

【0023】

ここで、「気流制御」について、図 6 及び図 7 を用いて詳細を説明する。

【0024】

図 6 は、空気調和機 1 の室内機 10 が室内に設置された状態を示す概略図である。なお、ここではルームエアコンを例として説明し、16 畳（幅 7.2 m × 奥行 7.2 m × 高さ 2.4 m）の広さの室内で、壁に 1 つの室内機 10 が設置された例を示す。

【0025】

図 7 は、図 6 に示す空気調和機 1 で暖房運転した場合の室内気流の例を示す概略図である。なお、図 7 (a) ~ (c) では、室内に送風された温風である吹出風 B3、B4、B5 の気流をそれぞれ模式的に図示している。また、暖房運転時は、吹出風の温度は室内の平均温度よりも高い。よって、室内では図 7 (a) ~ (c) における温風の領域、すなわち吹出風 B3、B4、B5 で示す領域が、他の領域と比較して温度が高い領域となっている。

【0026】

図 7 (a) では、吹出風 B3 の上下方向の風向は、風向制御板 (上下) 13 によって水平方向に制御されており、左右方向の風向は、風向制御板 (左右) 14 によって正面方向に制御されている。吹出風 B3 は、室内では室内機 10 を設置した向かい側の壁に直射している。

【0027】

図 7 (b) では、吹出風 B4 の上下方向の風向は、風向制御板 (上下) 13 によって下方向に制御されており、左右方向の風向は、風向制御板 (左右) 14 によって正面方向に制御されている。また、図 7 (c) では、吹出風 B5 の上下方向の風向は、風向制御板 (上下) 13 によって下方向に制御されており、左右方向の風向は、風向制御板 (左右) 14 によって紙面に向かって右方向に制御されている。

【0028】

このように、風向制御板 13、14 の角度によって吹出口からの吹出風の風向を制御することができ、室内の温度分布と風速分布を様々に制御することができる。つまり、上述したように風向制御板 13、14 を制御し、また室内機 10 のファン 12 を制御することによって「気流制御」を実現することができる。なお、空気調和機 1 が床置き方式又は天井埋め込み方式等の他の形態であっても、温度を調整した空気を吹出口から送風するという構成は変わらないため、同様に風向及び風量を制御することで、「気流制御」が実現できる。

【0029】

次に、「気流制御」の役割について説明する。「気流制御」には、大きく分けて以下に説明する 2 つの役割がある。

【0030】

「気流制御」の 1 つ目の役割は、体感温度の調整である。人間の体感温度は、人体の熱収支によることが大きい（参考文献 1：「建築熱環境（坂本雄三）、東京大学出版会、2011 年」）。人体の熱収支は、人体周囲の空気の温度と、人体と空気流れとによる熱伝達率とによって算出できる。この熱伝達は、人体表面を通風する風速値によって変化する。

【0031】

体感温度としてよく用いられるリンケの式では、空気の温度  $t$  [ ] と風速  $v$  [ m / s ] を用いて、体感温度  $T$  [ ] を以下の式 1 のように、温度に風速による熱伝達の効果を補正して計算している。

【0032】

【数 1】

$$T = t - 4 \times \sqrt{v}$$

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 3 】

風速による熱伝達の促進を利用すると、暖房を所望するユーザに、風速の大きい温風を当てることで、より高い温度を体感させることができる。したがって、「冷凍サイクル制御」によって吹出風の温度を制御した上で、「気流制御」によって吹出風の風向及び風量を制御して、ユーザの近傍の温度  $t$  及び風速  $v$  を調整することで、ユーザの快適性向上に貢献することができる。

## 【 0 0 3 4 】

また、人体の部位に応じて、温熱感が異なり、例えば、温風を足元に集中して送風することによって、より暖かい温熱環境を感じることもできることがわかっている（参考文献 2：「快適な温熱環境のメカニズム（空気調和・衛生学会）、丸善出版、2006年」）。

10

## 【 0 0 3 5 】

したがって、このような体感温度による快適性向上を狙うと、「気流制御」においては、人体の部位別に送風を調整することが好ましい。手足や頭部等の部位に応じて、気流を制御するためには、送風位置を 20 cm 程度の精度で調整する必要がある。このような細かな「気流制御」のためには、高解像度の熱画像センサや画像センサ等が搭載されている空気調和機を用いることが望ましい。

## 【 0 0 3 6 】

「気流制御」の 2 つ目の役割は、消費電力の低減である。図 8 ( a ) は、空気調和機 1 の室内機 1 0 が設置された室内における扉からの冷気 C 1 の侵入を示す概略図である。実際の室内では、図 7 に示したような室外から閉じた空間とは異なり、図 8 に示すように窓や扉の開閉時における換気に伴う熱侵入や熱漏洩がある。

20

## 【 0 0 3 7 】

図 8 ( b ) では、図 7 ( b ) と同様に風向を制御し、温風である吹出風 B 4 を室内の中央に向けて送風している。この場合、開放された扉からの温風である吹出風 B 4 の流出を抑制して、室内の温度を上昇させることができる。一方、図 8 ( c ) では、図 7 ( c ) と同様に風向を制御し、開放された扉がある方向に向かって温風である吹出風 B 5 を送風している。この場合、吹出風 B 5 は扉から室外へと流出するため、室内の温度上昇の妨げとなる。このように、「気流制御」によって、適切な送風エリアを指定することで、室内の温度調整に繋がりにくい送風を抑制でき、消費電力の低減に貢献することができる。

## 【 0 0 3 8 】

以上より、「気流制御」は、ユーザの快適性向上及び空気調和機の消費電力の低減に貢献するといえる。具体的には、ユーザの快適性向上及び空気調和機の消費電力の低減をいずれも考慮した運転を行うためには、例えば、ユーザがいないエリアには温風又は冷風である吹出風を送風しない等の送風エリアの選択が有効である。そして、このような制御を空気調和機に実装するためには、室内の温度分布や風速分布を計測して測定データを収集し、測定データを用いた吹出風の風向、風量、温度のチューニング作業が必要となる。上述した通り、室内の温熱環境には、空気調和機による「気流制御」、室外からの熱侵入、及び室外への熱漏洩が関係しており、これらによって室内の温度分布や風速分布が形成される。

30

## 【 0 0 3 9 】

次に、空気調和機 1 の室内機 1 0 に備えられるセンサについて、図 9 を用いて説明する。

40

## 【 0 0 4 0 】

図 9 ( a ) は、室内機 1 0 の熱交換器 1 1 の近傍に温度センサ 4 3 を備えた室内機 1 0 を示す。上述したように、ユーザの快適性は、ユーザの近傍の空気の温度  $t$  と風速  $v$  によって定まるものであり、これは室内の温度分布や風速分布を計測することで把握できる。また、空気調和機の省エネ性能、すなわち消費電力低減の性能は、室内の空気の温度分布や風速分布によって定まる。しかしながら、熱交換器 1 1 に備えられた温度センサ 4 3 だけでは、室内機 1 0 内の空気の吸込み温度の測定しかできず、ユーザの近傍の温度及び風速や室内の全体の温度分布や風速分布を計測することができない。よって、温度センサ 4 3 のみを備える室内機 1 0 の場合は、計測した吸込み温度に何らかの補正を加えて、ユー

50

ザの近傍温度や室内の温度分布等を推定することで、ユーザの快適性及び消費電力低減を考慮した制御とすることができる。

【0041】

図9(b)は、熱画像センサ44を備えた室内機10を示す。熱画像センサ44を室内機10の下部に設けることにより、室内の床面の温度分布を計測することができる。したがって、このような熱画像センサ44を有することで、床面や壁面の温度分布によって室内の熱漏洩を検出することができる。また、撮像した熱画像から、人体の位置や温度を検出することができる。

【0042】

図9(c)は、画像センサ45を備えた室内機10を示す。解像度の高い画像センサ45を用いることで、ユーザや窓の位置、部屋の形状等といった3次元情報を計測することができる。また、室内のユーザの位置を検出することができる。

10

【0043】

つまり、上述したように、「冷凍サイクル制御」及び「気流制御」によって、ユーザの快適性向上及び消費電力低減をした運転制御を行うためには、ユーザの位置や部屋の形状等が測定できる熱画像センサ44又は画像センサ45が空気調和機10に搭載されていることが好ましい。本実施の形態では、図1に示すように、空気調和機1の室内機10が温度センサ43及び熱画像センサ44を備えているものを例として、以下説明する。

【0044】

図10は、熱画像センサ44を備えた室内機10が設置された室内を示す。なお、図10(a)では、熱画像センサ44は図示を省略している。空気調和機1の室内機10は、暖房運転を行っており、図10(a)に示すように、吹出風B6を下吹きに向けて、床面に送風している。吹出風B6のように下吹きに送風した場合、温風が床面に送風されることで、床面付近の温度は高くなる。一方で、天井面には温風が送風されていないために、天井面の温度は低くなる。このように、室内において上下方向の温度分布があることでユーザの頭部と足元とで温度差が大きくなることがあり、これによってユーザに不快感が生じる場合がある。温熱環境の国際標準規格(ISO7730)では、室内の上下温度差による不満足者率のデータが記載されており、上下温度差3以内が推奨範囲とされている。

20

【0045】

図10(b)は、熱画像センサ44によって撮影した床面温度を示しており、図10(a)の床面の吹出風の温度分布を可視化したものである。熱画像センサ44は、例えば赤外線のアレイセンサであって、ここでは32×32個の撮像素子で構成されており、室内の床面、壁面等といった物体表面の温度を撮像し、赤外線センサのコントロール素子に実装されたエッジ検出によって、床面、室内機から向かって左右側面および向かい側の壁面、天井面の温度分布を抽出できるものとする。図10(b)に示す高温エリア44aは、吹出風B6によって暖められている領域である。このように、熱画像センサ44を用いることで、室内の温度分布を可視化することができる。

30

【0046】

図11は、吹出風B7の風向を上下方向に変化させている様子を示す概略図である。上述のように室内において上下温度差がある場合、図10(a)に示すように吹出風B6の風向を下向きに固定した状態を継続すると、上下温度差は縮小しない。そこで、図11に示すように、吹出風B7の上下方向における風向角度を変化させることで、吹出風B7の送風箇所が1か所に固定されず、室内の上下温度差を均一にすることができる。より具体的には、風向制御板(上下)13の動作を制御することで、吹出風B7の風向を上下方向に変化させることができ、これにより室内の上下温度差を均一化できる。

40

【0047】

次に、学習装置3を用いた空気調和機1の制御の学習方法及び空気調和機1の制御に関する構成について、前述した図1、図2、及び図12から図18を用いて説明する。

【0048】

図1に示すように、学習装置3は、空気調和機1の運転目標が入力される目標入力部3

50

1、センサ情報を受信して空気調和機の設置室内の温熱環境の状態を観測するとともに、利用センサを選択して状態関数を生成する状態観測部32、温熱環境の状態から空気調和機に与えた運転目標を達成するための最適な「気流制御」及び「冷凍サイクル制御」の制御ルールを学習する機械学習アルゴリズムが実装された学習部33、学習部33で学習した『気流制御ルール』及び『冷凍サイクル制御ルール』を記憶する制御ルール記憶部34、並びに制御ルールを空気調和機1の気流制御ルール記憶部17a及び冷凍サイクル制御ルール記憶部27aへ送信する制御ルール送信部35を備える。学習装置3は、空気調和機1からセンサ情報を受信して空気調和機1が設置された室内の温熱環境の「状態」を定義し、「状態」に応じた適切な制御を学習する装置であって、強化学習アルゴリズムによる学習制御が実装されている。

10

**【0049】**

空気調和機1の室内機10に備えられる気流制御ルール記憶部17aは、制御ルール送信部35から『気流制御ルール』を受信し、記憶する。室内機制御部17bは、気流制御ルール記憶部17aに記憶された『気流制御ルール』に基づいて、室内機10のファン12の回転数と、風向制御板13、14の角度とを制御する。つまり、学習装置3の制御ルール送信部35から気流制御ルール記憶部17aへ新たな『気流制御ルール』が入力され記憶されることで、室内機制御部17bによる室内機10のファン12及び風向制御板13、14の制御ルールを変更することができる。

**【0050】**

室内機制御部17bは、『気流制御ルール』に基づいて制御を決定した上で、室内機10のファン12の回転数及び風向制御板13、14の角度の情報をセンサ情報送信部41へ出力する。センサ情報送信部41は、学習装置3の状態観測部32へファン12の回転数と風向制御板13、14の角度の情報を送信する。

20

**【0051】**

空気調和機1の室外機20に備えられる冷凍サイクル制御ルール記憶部27aは、学習装置3の制御ルール送信部35から『冷凍サイクル制御ルール』を受信し、記憶する。室外機制御部27bは、ファン22の回転数、圧縮機23の回転数、及び膨張弁24の開度を制御する。つまり、学習装置の制御ルール送信部35から冷凍サイクル制御ルール記憶部27aへ新たな『冷凍サイクル制御ルール』が入力され記憶されることで、室外機制御部27bによる室外機20のファン22の回転数、圧縮機23の回転数、及び膨張弁24の開度の制御ルールを変更することができる。

30

**【0052】**

室外機制御部27bは、『冷凍サイクル制御ルール』に基づいて制御を決定した上で、室外機20のファン22の回転数、圧縮機23の回転数、及び膨張弁24の開度の情報を室内機10のセンサ情報送信部41へ出力する。センサ情報送信部41は、学習装置3の状態観測部32へファン22の回転数、圧縮機23の回転数、及び膨張弁24の開度の情報を送信する。

**【0053】**

ここで、図2に示すように、空気調和システム100は、空気調和機1の室内機10に設けられるマイコン17、及び室外機20に設けられるマイコン27を備える。また、空気調和システム100は、空気調和機1とは別個の構成である外部端末として、入出力端末(I/O端末)である通信端末5を備えており、通信端末5はマイコン52を有する。空気調和システム100では、ハードウェア資源としては、これらのマイコン17、マイコン27、及びマイコン52によって制御が行われる。

40

**【0054】**

なお、本開示における「マイコン」とは、マイクロコンピュータの略称であって、その内部構成にCPU(Central Processing Unit)及びメモリを有するものを意味するものとする。ただし、マイコン17、マイコン27、及びマイコン52は、必ずしも「マイコン」で構成される必要はなく、CPU等のプロセッサ及びメモリを有するハードウェアであればよい。

50

## 【 0 0 5 5 】

図 2 に示すように、室内機 1 0 に設けられるマイコン 1 7 は、室内機 1 0 のファン 1 2 及び風向制御板 1 3、1 4 の動作を制御する。つまり、図 1 に示す気流制御ルール記憶部 1 7 a が有する機能はマイコン 1 7 のメモリによって実現でき、室内機制御部 1 7 b が有する機能はマイコン 1 7 の CPU によって実現できる。また、図 1 に示すセンサ情報送信部 4 1 も、図 2 に示す室内機 1 0 のマイコン 1 7 に実装される。

## 【 0 0 5 6 】

また、図 2 に示すように、室外機 2 0 に設けられるマイコン 2 7 は、ファン 2 2、圧縮機 2 3 を駆動するためのインバータ 2 3 a 及びモータ 2 3 b、膨張弁 2 4、並びに四方弁 2 5 を制御する。また、マイコン 2 7 は、熱交換器 2 1 の温度を測定する温度センサ 2 6 から測定データが入力され、測定データに基づいて、ファン 2 2、圧縮機 2 3、及び膨張弁 2 4 の制御の制御値を調整する。図 1 に示す冷凍サイクル制御ルール記憶部 2 7 a が有する機能はマイコン 2 7 のメモリによって実現でき、室外機制御部 2 7 b が有する機能はマイコン 2 7 の CPU によって実現できる。なお、図 2 に示す圧縮機 2 3 のインバータ 2 3 a に電氣的に接続された電源 7 1 は、空気調和機 1 の構成には含まれない。

## 【 0 0 5 7 】

以上をまとめると、室内機 1 0 のマイコン 1 7 には「気流制御」を行うための制御ロジックである『気流制御ルール』が予め記憶されており、室外機 2 0 のマイコン 2 7 には「冷凍サイクル制御」を行うための制御ロジックである『冷凍サイクル制御ルール』が予め記憶されている。そして、学習装置 3 の学習によって『気流制御ルール』及び『冷凍サイクル制御ルール』が新たに作成され、又は更新されると、マイコン 1 7 及びマイコン 2 7 に新たな制御ルールが追加され、又は新たな制御ルールに書き換えられることとなる。

## 【 0 0 5 8 】

図 2 に示す通信端末 5 には、学習装置 3 が実装されている。より具体的には、図 1 に示す学習装置 3 の目標入力部 3 1 が有する機能は通信端末 5 の入出力部である I / O 5 1 によって実現できる。また、図 1 に示す学習装置 3 の状態観測部 3 2 及び学習部 3 3 が有する機能はマイコン 5 2 の CPU によって実現でき、制御ルール記憶部 3 4 が有する機能はマイコン 5 2 のメモリによって実現できる。通信端末 5 は、学習装置 3 の演算を実行する上で十分な演算能力を持ち、例えばスマートフォンやタブレット端末等の高演算能力機器であって、Wi - Fi 等によって図 2 に示すように室内機 1 0 のマイコン 1 7 と通信可能に構成される。なお、図 2 に示すように、通信端末 5 と室外機 2 0 のマイコン 2 7 との間での入出力は実際には室内機 1 0 のマイコン 1 7 を介して行われるが、図 1 では模式的に学習装置 3 の制御ルール送信部 3 5 から室外機 2 0 の冷凍サイクル制御ルール記憶部 2 7 a へと直接入力されるように示している。

## 【 0 0 5 9 】

ここで、学習装置 3 の各構成について詳細を説明する。なお、本実施の形態では、学習装置 3 の学習アルゴリズムに強化学習アルゴリズムの Q - l e a r n i n g 法を用いる場合について説明する。強化学習は、一定時間毎に空気調和機の状態を観測し、( 1 ) 行動の選択、( 2 ) 報酬の計算、( 3 ) 状態関数の更新、という 3 つの学習プロセスを実行し、制御ロジックとなる状態関数を書き換えていくものである。以下では、時間  $t$  における状態を  $s_t$ 、行動を  $a_t$ 、報酬値を  $r_t$  とし、状態関数は  $s_t$  と  $a_t$  の関数  $Q(s_t, a_t)$  とする。

## 【 0 0 6 0 】

目標入力部 3 1 は、図 2 に示す通信端末 5 の I / O 5 1 に実装され、通信端末 5 を用いたユーザの操作等によって運転目標が入力されるというものである。なお、通常、空気調和機 1 は室内機 1 0 及び室外機 2 0 の他に、空気調和機 1 の運転を操作する専用端末であるリモートコントローラ( 図示せず ) を備えるため、目標入力部 3 1 は当該リモートコントローラに入力された運転目標を受信するものとしてもよい。リモートコントローラは、赤外線センサ等によって空気調和機 1 との信号の送受信が可能に構成される。

## 【 0 0 6 1 】

10

20

30

40

50

空気調和機 1 の運転目標とは、例えば“温度均一制御”等であって、ユーザの操作等により選択されるものである。より具体的には、例えば、通信端末 5 又はリモートコントローラの表示部に、“温度均一制御（ムラなし）”や“消費電力低減（省エネ）”といった選択メニューを作成し、ユーザが選択できるようにする。何らかの運転目標が選択され、目標入力部 3 1 へ運転目標の情報が入力されると、図 1 に示すように、目標入力部 3 1 は、入力された運転目標を学習装置 3 の状態観測部 3 2 へ出力する。

【0062】

状態観測部 3 2 は、センサ情報から空気調和機 1 の置かれた室内の状態を観測し、‘状態’を定義した上で、学習部 3 3 へ状態関数を出力する。学習装置 3 の学習に用いるためには、センサで観測した観測データを‘状態’に変換する必要がある。状態観測部 3 2 は、センサの観測データから‘状態’が一意に定まるように状態の定義方法を構成する。状態観測部 3 2 は、利用センサ選択部 3 2 a 及び状態関数生成部 3 2 b を有する。

10

【0063】

利用センサ選択部 3 2 a は、空気調和機 1 に搭載されている温度センサ 4 3 及び熱画像センサ 4 4 等の、センサ情報送信部 4 1 からセンサ情報が入力される種々のセンサの種類及び解像度を調べる機能を持ち、空気調和機 1 のセンサ仕様の違いを吸収する機能を有する。

【0064】

図 1 2 は、状態観測部 3 2 において利用センサ選択部 3 2 a の機能に用いるセンサ項目表である。図 1 2 では、一例として温度センサ、湿度センサ、熱画像センサ、画像センサ、ドアセンサ、加湿器、除湿器、換気扇、及びサーキュレータをセンサ項目としており、各センサ項目に対して搭載仕様（センサ有無、センサの搭載数、センサ解像度）を記録することができる。なお、ここで記録されるのは、学習装置 3 と直接的に又は間接的に通信可能に設けられたセンサである。

20

【0065】

本実施の形態では、図 1 2 に示すように、空気調和機 1 の室内機 1 0 に設けられた 1 個の温度センサ 4 3、及び 1 個の熱画像センサ 4 4 の利用可能なセンサがあることを記録し、その他の利用可能なセンサは無いことを記録している。また、熱画像センサ 4 4 については、解像度が 3 2 × 3 2 素子（解像度・中）であることを併せて記録している。

【0066】

センサ項目表の作成方法について、詳細を説明する。センサ項目表は、1つの方法としては、図 2 に示すように、空気調和機 1 の入出力端末（I/O 端末）として機能する通信端末 5 を用いて、ユーザが室内にあるセンサの種類、個数及び解像度等の仕様を入力することで、作成することができる。

30

【0067】

或いは、ユーザが仕様等を入力せずにセンサ項目表を作成することもできる。近年のホームオートメーション（Home Automation）の規格（OpenHAB、Home Assistant 等）では、住宅内での様々な機器の接続が可能になっている。ホームオートメーションによって接続可能な機器としては、例えば、空気調和機、空気清浄機、照明、カメラ、テレビ、スピーカ、温度センサ、湿度センサ、ドアセンサ等、様々な家電やセンサがあげられる。このように多くの種類の家電やセンサの接続が可能であるが、このうち、温熱環境の観測に活用できるセンサと、空気調和機の運転に影響する周辺機器（家電）の種類は限られている。

40

【0068】

本実施の形態の利用センサ選択部 3 2 a では、温熱環境の観測に活用できるセンサとして、温度センサ、湿度センサ、熱画像センサ、画像センサ、及びドアセンサを登録し、空気調和機の運転に影響する周辺機器として、加湿器、除湿器、サーキュレータ、及び換気扇を登録している。これらのセンサ及び周辺機器を考慮していれば、空気調和機の仕様又は設置室内の環境が変化したとしても、センサ仕様の違いに十分に対応することができると考えられるためである。なお、ここでのセンサ及び周辺機器の選択は一例であり、温熱

50

環境の観測に活用できるセンサ及び空気調和機の運転に影響する周辺機器を選択したものであれば、他のセンサ項目を含んでいてもよいし、或いは上述した項目の一部を除いたものであってもよい。

【0069】

上述したように、ホームオートメーションの規格に対応したセンサ及び周辺機器であれば、BluetoothやWi-Fi等を用いて、室内にあるセンサ及び周辺機器をユーザが空気調和機1に接続することができる。このようにして空気調和機1に接続されたセンサ及び周辺機器についての情報は、学習装置3の状態観測部32に送信される。状態観測部32では、利用センサ選択項目に順次、新規のセンサ情報を追記する。このようにセンサ選択項目にセンサの情報を記載することで、ユーザが利用センサの項目表を作成することなく、図12に示すセンサ項目表を作成できる。

10

【0070】

より詳細には、例えば熱画像センサの解像度等のセンサの詳細仕様は、予めセンサ側で情報を保存しておき、ホームオートメーションの通信プロトコル上で学習装置3に送信するように規格を定めておくことができる。このようにすれば、各センサの仕様まで含む情報に基づいてセンサ項目表を作成することができる。

【0071】

状態関数生成部32bは、利用センサ選択部32aによって利用可能と判断されたセンサの情報に基づいて、制御ロジックとなる状態関数 $Q(s_t, a_t)$ を生成する機能を有する。強化学習には、時間 $t$ における環境を一意に定義できる状態 $s_t$ が必要である。したがって、状態関数生成部32bは、利用可能と判断されたセンサの情報を用いて状態 $s_t$ を定義する方法を構築する。また、強化学習には、時間 $t$ における行動の選択肢 $a_t$ が必要である。したがって、状態関数生成部32bは、行動の選択肢 $a_t$ を定義する方法を構築する。

20

【0072】

このようにして、状態関数生成部32bは、目標入力部31から入力される運転目標と利用センサ選択部32aで利用可能と判断されたセンサ項目に基づき、状態関数 $Q(s_t, a_t)$ を生成する。なお、本実施の形態では、状態関数 $Q(s_t, a_t)$ として、数値を記録する表である $Q-Table$ を用いる場合を例として説明するが、行動と状態の価値を記録することができるものであれば、例えばガウス過程の関数や深層学習のニューラルネットワーク等を用いてもよい。

30

【0073】

学習部33は、報酬計算部33a及び学習更新部33bを有する。学習部33は、状態観測部32から入力された状態関数 $Q(s_t, a_t)$ の $Q-Table$ を用いて、『気流制御ルール』及び『冷凍サイクル制御ルール』の制御ルールを学習して更新する。

【0074】

報酬計算部33aは、報酬値を計算する。強化学習では、目標の達成度を評価するための報酬値が必要である。また、学習更新部33bは、状態関数 $Q(s_t, a_t)$ を計算して、計算した値を $Q-Table$ に記入することで制御ルールを更新する。すなわち、学習部33は、状態観測部32の状態関数生成部32bで生成された状態関数 $Q(s_t, a_t)$ を用いて、空気調和機1の制御方法を推論するための学習済モデルである制御ルールを生成する。なお、学習部33における学習方法についての詳細は後述する。

40

【0075】

制御ルール記憶部34は、学習部33で更新された制御ルールが入力され、『気流制御ルール』及び『冷凍サイクル制御ルール』をそれぞれ記憶する。

【0076】

制御ルール送信部35は、図2に示す通信端末5のマイコン52に実装される。なお、制御ルール送信部35は、通信端末5のマイコン52とは別個の構成として設けられる通信部(図示せず)又はI/O51に実装されてもよい。制御ルール送信部35は、図1に示すように、学習装置3の制御ルール記憶部34に記憶された制御ルールである状態関数

50

が入力され、これを『気流制御ルール』と『冷凍サイクル制御ルール』に分別した上で、気流制御ルール記憶部 17a 及び冷凍サイクル制御ルール記憶部 27a へ出力し、マイコン 17 及びマイコン 27 のメモリに記憶された制御のロジックを書き換える。

【0077】

図 13 は、本実施の形態の空気調和システム 100 の制御方法を説明するためのフローチャートである。以下、図 13 を用いて制御方法について説明する。なお、以下では、目標入力部 31 に運転目標として“温度均一制御”が入力され、「気流制御」のうち室内の上下温度差を小さくする風向制御を強化学習によって学習する例を説明するが、これに限られるものではない。

【0078】

まず、目標入力部 31 に空気調和機 1 の運転目標として“温度均一制御”が入力される（ステップ S101）。目標入力部 31 は、入力された運転目標である“温度均一制御”を学習装置 3 の状態観測部 32 へ出力する。

【0079】

目標入力部 31 から運転目標が入力されると、状態観測部 32 の利用センサ選択部 32a は、空気調和機 1 の室内機 10 のセンサ情報送信部 41 からの入力によってセンサ情報を取得する（ステップ S102）。このとき、空気調和機 1 と通信可能に設けられたセンサ情報がセンサ情報送信部 41 から送信される。

【0080】

利用センサ選択部 32a は、取得したセンサ情報と、利用センサ選択部 32a が有するセンサ項目表に記入されたセンサ項目とを比較し、利用可能なセンサに変更があるか否かを判定する（ステップ S103）。

【0081】

そして、利用センサ選択部 32a は、取得したセンサ情報とセンサ項目表の内容とに違いがある場合は、利用可能なセンサに変更があると判定し（ステップ S103：Yes）、センサ項目表を作成する（ステップ S104）。本実施の形態では、ステップ S104 において図 12 に示すセンサ項目表が作成され、利用可能なセンサとして空気調和機 1 が備える温度センサ 43 及び熱画像センサ 44 の情報がセンサ項目表に記入されたものとする。

【0082】

なお、本実施の形態ではステップ S103 において利用可能なセンサに変更があるか否かを判定するものとしているが、これに限られるものではなく、例えば画像センサを用いて空気調和機の設置室の広さに変更があるか否かを併せて判定し、変更があれば同様にステップ S104 へ進むものとしてもよい。このようにすることで、引越等により設置環境が大きく変化した場合にも適切なセンサの選択を行い、状態関数を更新することができる。

【0083】

センサ項目表の作成（ステップ S104）の完了後、利用センサ選択部 32a は、作成したセンサ項目表の情報及び目標入力部 31 から入力された運転目標の情報（本実施の形態では、“温度均一制御”）に基づいて、実際に学習に利用する利用センサの選択を行う（ステップ S105）。本実施の形態では、図 12 に示すセンサ項目表に記入された利用可能なセンサである温度センサ及び熱画像センサはいずれも“温度均一制御”に必要なものであるため、温度センサ及び熱画像センサを利用センサに含むことを判断する。そして、利用センサ選択部 32a は、利用センサとして選択した温度センサ及び熱画像センサの情報を状態関数生成部 32b へ出力する。

【0084】

ここで、利用センサの選択方法について詳細を説明する。上述したように、状態観測部 32 には目標入力部 31 から運転目標が入力されるところ、入力された運転目標が“温度均一制御”であれば、温度の均一化を目的とした制御を行うことが求められる。また、ここでは、“温度均一制御”は、温度を均一化できればよく、湿度は制御項目ではないものとする

10

20

30

40

50

。よって、仮に空気調和機 1 が湿度センサを備えており、センサ項目表の湿度センサの項目について、搭載仕様「1 個」と記入されていたとしても、“温度均一制御”には、湿度センサの利用は必要ない。したがって、この場合、利用センサ選択部 3 2 a は、利用センサの選択において、湿度センサを除外する。

#### 【0085】

また、運転目標に応じた利用センサの選択としては、上述のように“温度均一制御”を運転目標とする場合は、温度の均一化に寄与するセンサを利用センサとして選択すべきである。一方で、“消費電力低減”を運転目標とする場合は、ドアセンサ等を利用センサに加えることも考えられる。このように、利用センサ選択部 3 2 a では、目標入力部 3 1 に入力された運転目標を達成するための制御に必要なセンサを選択し、選択したセンサの情報を

10

#### 【0086】

図 1 3 の説明に戻る。利用センサ選択部 3 2 a から利用センサの情報が入力されると、状態関数生成部 3 2 b は、状態関数を生成する（ステップ S 1 0 6）。以下、本実施の形態における状態関数の生成の例について、図 1 4 から図 1 7 を用いて詳細を説明する。

#### 【0087】

上述したように、強化学習には、時間  $t$  における環境を一意に定義できる状態  $s_t$  が必要である。したがって、まず、状態関数生成部 3 2 b は、利用可能と判断されたセンサの情報をを用いて状態  $s_t$  を定義する。

#### 【0088】

図 1 4 は、空気調和機 1 の室内機 1 0 が設置された室内における測定点を示す断面図である。図 1 4 では、熱画像センサ 4 4 によって測定されるデータの一部である温度の測定点  $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$  を示す。また、図 1 5 は、空気調和機 1 の室内機 1 0 の吹出風の上下方向における風向角度を示す断面図である。吹出角度は、室内機 1 0 のマイコン 1 7 に風向制御板 1 3 の動作を制御するステッピングモータの角度を記録することで、センサ情報として記憶することができる。本実施の形態では、“温度均一制御”を選択しており、後述するように熱画像センサ 4 4 で測定した壁面の計測点の温度値を状態観測部 3 2 で用いる。

20

#### 【0089】

本実施の形態では、状態関数生成部 3 2 b は、熱画像センサ 4 4 によって測定されるデータのうち一部を選択した温度の代表的な測定点  $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$  及び吹出風の吹出角度を用いて、‘状態’を定義する。なお、‘状態’の定義は、拡張することが可能である。例えば、温度の計測点数を 4 点以上とすることで、‘状態’をより詳細に定義することができる。また、吹出角度の判別を 3 通り以上に拡張することで、より細かく‘状態’を定義することもできる。本実施の形態では、「気流制御」のうち室内の上下温度差を小さくする風向制御を強化学習によって学習する例を示すため、上下方向の風向制御の学習であれば図 1 4 に示す 3 点の計測で必要充分である。一方、例えば図 7 (b) (c) に示すような左右方向の風向制御を学習する場合には、奥行方向 3 点 × 幅方向 3 点 = 9 点の計測で必要充分である。したがって、学習に応じた解像度のセンサを搭載又は選択し、例えば 3 点又は 9 点といった必要充分な測定点を選択することで学習が可能となる。

30

40

#### 【0090】

図 1 4 に示す測定点  $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$  における測定温度をそれぞれ  $T_{P1}$ 、 $T_{P2}$ 、 $T_{P3}$  とする。 $T_{P1}$ 、 $T_{P2}$ 、 $T_{P3}$  を温度が高い方から順に ( $1^{st}$ 、 $2^{nd}$ 、 $3^{rd}$ ) として並べると、この順位の順列は  $3! = 6$  通りとなる。また、図 1 5 に示す吹出風の吹出角度を、 $< 45^\circ$  の上吹きの場合と、 $45^\circ$  の下吹きの場合の 2 通りに分別する。そうすると、室内の任意の状態  $s_t$  は、 $T_{P1}$ 、 $T_{P2}$ 、 $T_{P3}$  の温度の順位の順列の 6 通りと、上吹き又は下吹きの吹出角度の 2 通りの組合せとなるから、 $6 \times 2 = 12$  通りの状態のいずれか 1 つの状態  $s_1 \sim s_{12}$  に対応させることができる。

#### 【0091】

このとき、12 通りの状態  $s_1 \sim s_{12}$  の定義は、図 1 6 及び以下に示す通りである。

50

$s_1 : T_{p1} > T_{p2} > T_{p3} \text{ and } < 45^\circ$   
 $s_2 : T_{p1} > T_{p2} > T_{p3} \text{ and } 45^\circ$   
 $s_3 : T_{p1} > T_{p3} > T_{p2} \text{ and } < 45^\circ$   
 $s_4 : T_{p1} > T_{p3} > T_{p2} \text{ and } 45^\circ$   
 $s_5 : T_{p2} > T_{p1} > T_{p3} \text{ and } < 45^\circ$   
 $s_6 : T_{p2} > T_{p1} > T_{p3} \text{ and } 45^\circ$   
 $s_7 : T_{p2} > T_{p3} > T_{p1} \text{ and } < 45^\circ$   
 $s_8 : T_{p2} > T_{p3} > T_{p1} \text{ and } 45^\circ$   
 $s_9 : T_{p3} > T_{p1} > T_{p2} \text{ and } < 45^\circ$   
 $s_{10} : T_{p3} > T_{p1} > T_{p2} \text{ and } 45^\circ$   
 $s_{11} : T_{p3} > T_{p2} > T_{p1} \text{ and } < 45^\circ$   
 $s_{12} : T_{p3} > T_{p2} > T_{p1} \text{ and } 45^\circ$

10

## 【0092】

また、強化学習には、時間  $t$  における行動の選択肢  $a_t$  が必要である。したがって、状態関数生成部 32b は、行動の選択肢  $a_t$  を定義する。

## 【0093】

本実施の形態では、“温度均一制御”を運転目標としており、上下温度差の均一化に必要なとなるのは吹出風の風向制御及び温度制御である。吹出風の風向制御については、風向角度を上げる、下げる、変更しない、の3通りから選択し、吹出風の温度制御については、温度を上げる、下げる、変更しない、の3通りから選択するものとする。そして、状態  $s_t$  での吹出角度を  $\theta_t$ 、圧縮機の周波数を  $f_t$ 、膨張弁の開度を  $\alpha_t$  とすると、行動の選択肢  $a_{t+1}$  は、以下の  $a_1 \sim a_6$  の6通りが考えられる。

20

$a_1$  (Up) (吹出角度 を上げる) :  $\theta_{t+1} = \theta_t + \Delta\theta$   
 $a_2$  (Down) (吹出角度 を下げる) :  $\theta_{t+1} = \theta_t - \Delta\theta$   
 $a_3$  (Stay) (吹出角度 を変更しない) :  $\theta_{t+1} = \theta_t$   
 $a_4$  (Increment) (吹出温度を上げる) :  $f_{t+1} = f_t + \Delta f$ ,  $\alpha_{t+1} = \alpha_t$   
 $a_5$  (Decrement) (吹出温度を下げる) :  $f_{t+1} = f_t - \Delta f$ ,  $\alpha_{t+1} = \alpha_t$   
 $a_6$  (Keep) (吹出温度を変更しない) :  $f_{t+1} = f_t$ ,  $\alpha_{t+1} = \alpha_t$

30

## 【0094】

$a_1 \sim a_3$  は、は風向制御、すなわち「気流制御」の一種である。ここで  $\Delta\theta$  は、吹出角度の上下方向への調整角度であり、 $\Delta\theta = 5^\circ$  とする。状態関数生成部 32b は、状態  $s_i$  のときに行動  $a_i$  を選択した場合の値を記録する状態関数を生成する。

## 【0095】

$a_4 \sim a_6$  は、は温度制御、すなわち「冷凍サイクル制御」の一種である。 $a_4$  のように吹出風の温度を上げる場合は、圧縮機の周波数  $f$  を上げて、膨張弁の開度  $\alpha$  を下げる。一方、 $a_5$  のように吹出風の温度を下げる場合は、圧縮機の周波数  $f$  を下げて、膨張弁の開度  $\alpha$  を上げる。また、 $\Delta f$  は圧縮機の周波数の調整のための定数であり、 $\Delta\alpha$  は膨張弁の開度の調整のための定数である。

40

## 【0096】

図17は、本実施の形態の状態関数  $Q(s_t, a_t)$  である。本実施の形態では、状態  $s_i$  ( $i = 1 \sim 12$ ) に対する行動  $a_j$  ( $j = 1 \sim 6$ ) の値を記録する状態関数  $Q(s_i, a_j)$  を  $6 \times 12$  のテーブル関数  $Q-Table$  で実装している。この状態関数  $Q(s_t, a_t)$  を示す式は、以下の式2の通りである。

## 【0097】

## 【数2】

$$a_{t+1} = \operatorname{argmax}_j Q(s_{t,i}, a_{t,j})$$

## 【0098】

50

そして、状態関数生成部 3 2 b は、このようにして作成した状態関数を学習部 3 3 へ出力する（ステップ S 1 0 7）。

【 0 0 9 9 】

状態関数生成部 3 2 b から状態関数が入力された場合（ステップ S 1 0 7）、又は、センサ仕様の変更が無いと判定された場合（ステップ S 1 0 3 : No）、状態観測部 3 2 は、状態の観測を行う（ステップ S 1 0 8）。

【 0 1 0 0 】

図 1 8 は、空気調和機 1 の室内機 1 0 が設置された室内における測定点を示す断面図である。図 1 8 に示す測定点 Q<sub>1</sub>、Q<sub>2</sub> は、報酬計算部 3 3 a で報酬値の計算に使用する温度の目標設定地点である。つまり、本実施の形態の例では、状態観測部 3 2 は、センサ情報送信部 4 1 からの熱画像センサ 4 4 による測定値の入力によって、床面温度 T<sub>Q1</sub> と天井面温度 T<sub>Q2</sub> を観測する。

10

【 0 1 0 1 】

このようにして、状態観測部 3 2 が観測した‘状態’は学習部 3 3 へ出力され、学習部 3 3 の報酬計算部 3 3 a は、入力された‘状態’に基づいて報酬値を計算する（ステップ S 1 0 9）。具体的には、報酬計算部 3 3 a は、以下の式 3 及び式 4 を用いて報酬値 r<sub>t</sub> を計算する。

【 0 1 0 2 】

【数 3】

$$ratio_T = \frac{T_{Q1}}{T_{Q2}}$$

20

【 0 1 0 3 】

【数 4】

$$r_t = \frac{1}{\sqrt{2}} \left( \exp \left( -\frac{(ratio_T - 1.0)^2}{2} \right) \right)$$

【 0 1 0 4 】

次に、学習更新部 3 3 b は、以下の式 5 を用いて、状態関数 Q ( s<sub>t</sub>, a<sub>t</sub> ) を計算し、計算した値を Q - T a b l e に記入することによって制御ルールを更新する（ステップ S 1 1 0）。なお、本実施の形態では、式 5 に Q - l e a r n i n g 法による更新を示している。以下の式 5 において、 $\alpha$  は学習率（0 ~ 1）、 $\gamma$  は割引率（0 ~ 1）である。

30

【 0 1 0 5 】

【数 5】

$$Q(s_t, a_t) \leftarrow Q(s_t, a_t) + \alpha(r_t + \gamma \max_{a_{t+1}} Q(s_{t+1}, a_{t+1}) - Q(s_t, a_t))$$

【 0 1 0 6 】

このようにして制御ルールを更新すると、学習部 3 3 は、学習を終了するか否かを判定する（ステップ S 1 1 1）。具体的には、空気調和機 1 の製造時に、予め設定した学習期間を経過すると学習を終了するように設定しておくことができる。この場合、例えば学習期間を 5 日に設定し、学習開始時の日付から 5 日以上の日数が経過すると学習を終了することを判定する。また、さらに、状態関数 Q ( s, a ) の変動が小さくなった時に学習を終了することを判定してもよい。この場合、状態関数の学習の変動値  $\Delta Q$  を設定し、全ての s<sub>i</sub>、a<sub>j</sub> において状態関数 Q ( s<sub>i</sub>, a<sub>j</sub> ) <  $\Delta Q$  となった場合は、予め設定した学習期間内であっても学習が完了したとして学習の終了を判定する。学習を終了しない場合は（ステップ S 1 1 1 : No）、ステップ S 1 0 8 に戻り、状態の観測を継続する。

40

【 0 1 0 7 】

一方、学習を終了する場合は（ステップ S 1 1 1 : Yes）、学習部 3 3 は更新した制御ルールを制御ルール記憶部 3 4 へと出力し、制御ルール記憶部 3 4 に制御ルールが記憶

50

される（ステップ S 1 1 2）。なお、本実施の形態では、制御ルールは『気流制御ルール』及び『冷凍サイクル制御ルール』を含むものとする。

【0108】

その後、制御ルール送信部 3 5 は、『気流制御ルール』を空気調和機 1 の室内機 1 0 の気流制御ルール記憶部 1 7 a へ出力し、『冷凍サイクル制御ルール』を空気調和機 1 の室外機 2 0 の冷凍サイクル制御ルール記憶部 2 7 a へ出力する（ステップ S 1 1 3）。以上によって、制御ルールの更新が終了する。

【0109】

なお、本実施の形態では、学習が終了する都度、制御ルールを空気調和機 1 へ送信する構成としているが、これに限られるものではなく、Q - T a b l e が大きく変動しない限りは、制御ルールを空気調和機 1 に送信しないものとしてもよい。制御ルールを送信するか否かの基準については、予め定めておくことができる。

10

【0110】

このように構成される本実施の形態の学習装置 3、学習装置 3 を用いた空気調和システム 1 0 0、及び学習装置 3 を用いた空気調和機 1 の制御の学習方法の効果について説明する。

【0111】

上述したように、空気調和機の制御は、「気流制御」と「冷凍サイクル制御」の 2 つに分別できる。ユーザの快適性向上や消費電力低減が運転目標となるルームエアコンやパッケージエアコンといった空気調和機においては、体感温度の調整作用がある「気流制御」が重要な制御となる。

20

【0112】

「気流制御」という観点から空気調和を考えると、空気調和機には、温度センサの他に、吹出風の温度分布や、冷気の侵入を観測できる熱画像センサや室内の間取りや形状を検出できる画像センサ等が搭載されていることが望ましい。従来技術では、気流制御を行うための、熱画像センサや画像センサといったセンサを取り扱う機械学習のインターフェースが不足していた。

【0113】

また、空気調和機の市場では、様々な空調機器が販売されており、空気調和機の備えるセンサの種類、数、温度解像度や時間解像度といったセンサ仕様に統一されたものはない。従来技術では、空気調和機に搭載された多様なセンサに対応するための機械学習のインターフェースが不足していた。

30

【0114】

そこで、本実施の形態の空気調和システム 1 0 0 及び学習装置 3 は、状態観測部 3 2 に利用センサ選択部 3 2 a 及び状態関数生成部 3 2 b を有し、利用センサを選択して状態関数を生成することができる。したがって、気流制御を行うための、熱画像センサや画像センサといったセンサを追加した学習をすることができる。また、空気調和機の仕様が異なっても汎用的な学習が可能となる効果を奏する。

【0115】

また、熱画像センサや画像センサを用いても、直接はユーザの近傍の空気や、部屋全体の空気の温度分布や風速分布を測定することはできないが、空気の吸込み温度しか計測できなかった状況と異なり、壁面や床面の温度分布、ユーザの位置や部屋の形状といった情報が活用できるため、ユーザの快適性や室内の温熱環境の推測精度は向上する。よって、熱画像センサや画像センサを学習に用いることができることは望ましい。

40

【0116】

しかしながら、熱画像センサや画像センサは高価であり、空気調和機の価格を上昇させる。また、熱画像センサや画像センサは、解像度が高くなればコストが高くなる。さらに、熱画像センサや画像センサを備えた機種でも、センサ仕様は統一されたものではなく、センサの解像度には、差異がある。

【0117】

50

上述したように、近年は、ホームオートメーション等の仕組みにより、BluetoothやWi-Fi等の無線LANネットワークを通じて空気調和機を外部にあるセンサと接続することが可能である。したがって、熱画像センサや画像センサを搭載していない空気調和機であっても、ホームオートメーションなどのネットワーク装置を用いれば、空気調和機と独立した熱画像センサや画像センサを備えたカメラなどの周辺装置と接続することができ、センサ仕様を拡張することができる。このような場合にも、本実施の形態の空気調和システム100及び学習装置3であれば、汎用的な学習に対応できる。

【0118】

また、本実施の形態では、学習に用いる測定点として上述したように必要十分な測定点数（本実施の形態の例では3点）を選択しているため、強化学習を必要以上に複雑化することなく行うことができる効果を奏する。このようにすることで、通信端末5に搭載されるマイコン52でも処理を実行することができ、また、空気調和機1に搭載されるマイコンで処理を実行することもできる。

10

【0119】

なお、本実施の形態では、図1に示すように、空気調和機1とは別個の構成として学習装置3が設けられる空気調和システム100について説明したが、これに限られるものではなく、空気調和機1の一部として学習装置3を備えるものであってもよい。この場合、例えば図2に示す室内機10のマイコン17又は室外機20のマイコン27等に学習装置3が実装されてもよい。或いは、室内機10及び室外機20とは別個の構成として学習装置3を構成するマイコン等を備えた専用端末（例えば、空気調和機の付属品であるリモートコントローラ）を有し、室内機10、室外機20及び専用端末から空気調和機が構成されるものとしてもよい。

20

【0120】

実施の形態2 .

実施の形態2の学習装置及び空気調和システムについて、図19を用いて説明する。図19は、本実施の形態の空気調和システム200を示す機能ブロック図である。本実施の形態の空気調和システム200は、湿度センサ46をさらに備えている点で、実施の形態1の空気調和システム100と異なる。本実施の形態のその他の構成は実施の形態1と同様であるため、以下では異なる点を中心に説明する。

【0121】

本実施の形態の空気調和機1は、室内機10の構成として湿度センサ46をさらに備え、冷房、暖房時に湿度の制御が可能となっている。湿度センサ46は、センサ情報送信部41を介して学習装置3の状態観測部32へセンサ情報が出力可能に構成されている。

30

【0122】

このように、空気調和機1が湿度センサ46を有する場合、学習装置3の状態観測部32の利用センサ選択部32aは、図13に示すセンサ項目表の作成（ステップS104）において、図12に示すセンサ項目表に湿度センサを「1個」等のように記入する。そして、利用センサ選択部32aは、湿度制御に関わる運転目標が目標入力部31から入力された場合に、湿度センサを利用センサとして選択する（ステップS105）。このようにすることで、状態関数生成部32bは、湿度センサを利用センサとして含めた状態関数としてのQ-Tableを生成することができる（ステップS106）。

40

【0123】

このようにして湿度センサを利用センサに含む場合、学習部33においては、以下の式6のように、ユーザが設定する目標相対湿度 $RH_{ref}[\%]$ 及び湿度センサで測定した相対湿度 $RH_{sensor}[\%]$ を用いて、目標湿度と測定湿度との差異の比率 $ratio_{RH}$ を定義する。

【0124】

【数6】

$$ratio_{RH} = \frac{RH_{ref} - RH_{sensor}}{100}$$

50

## 【 0 1 2 5 】

そして、式 6 によって求めた  $ratio_{RH}$  を用いて湿度の目標への報酬値を計算することができ、式 4 の報酬値の計算式に、湿度の報酬を加えて次の式 7 のように報酬値を計算することができる。

## 【 0 1 2 6 】

## 【 数 7 】

$$r_t = \frac{1}{\sqrt{2}} \left( \exp \left( -\frac{(ratio_T - 1.0)^2}{2} \right) \right) + \frac{1}{\sqrt{2}} \left( \exp \left( -\frac{(ratio_{RH} - 1.0)^2}{2} \right) \right)$$

## 【 0 1 2 7 】

このように構成される空気調和システム 200 にあっては、学習装置 3 が状態観測部 32 を有することによって、湿度センサ 46 の追加に対応し、湿度を調整する学習が可能になる。すなわち、学習装置 3 によって、汎用的な学習が可能となる効果を奏する。

10

## 【 0 1 2 8 】

なお、本実施の形態では、空気調和機 1 の室内機 10 の構成として湿度センサ 46 を有する空気調和システム 200 について説明したが、これに限られるものではなく、湿度センサを空気調和機とは別個の構成として備えるものであってもよい。空気調和機と別個の構成として湿度センサ等の各種センサを有する場合であっても、学習装置 3 と通信可能に設けることによって汎用的な学習が可能となる。

## 【 0 1 2 9 】

実施の形態 3 .

実施の形態 3 の学習装置及び空気調和システムについて、図 20 から図 23 を用いて説明する。図 20 は、本実施の形態の空気調和システム 300 を示す機能ブロック図である。本実施の形態の空気調和システム 300 は、学習装置 3 と通信可能に設けられた周辺装置としてのサーキュレータ 61 及び換気扇 62 を有する点で、実施の形態 1 の空気調和システム 100 と異なる。本実施の形態のその他の構成は実施の形態 1 と同様であるため、以下では異なる点を中心に説明する。

20

## 【 0 1 3 0 】

以下、本実施の形態では、図 20 に示すように、実施の形態 1 と同様に温度センサ 43 及び熱画像センサ 44 を備えた空気調和機 1 を用いて、室内の上下温度差を小さくする“温度均一制御”を学習する例を説明する。実施の形態 1 との制御での主な違いは、単純に室内の温度の上下温度差を小さくするだけではなく、室内の温度を温度センサ 43 で測定し、測定した温度が空気調和機 1 の目標温度  $T_r$  になるように「冷凍サイクル制御」を行う点である。なお、空気調和機 1 の目標温度は、ユーザが通信端末 5 やリモートコントローラ等を用いて設定することができる。

30

## 【 0 1 3 1 】

図 20 に示すように、空気調和システム 300 は、学習装置 3 及び空気調和機 1 と独立した周辺装置 6 を備える。周辺装置 6 は、具体的には、サーキュレータ 61 及び換気扇 62 である。なお、本実施の形態では、周辺装置としてサーキュレータ 61 及び換気扇 62 を有する空気調和システム 300 を例として示すが、これに限られるものではなく、加湿器や除湿器等を周辺装置としてもよい。

40

## 【 0 1 3 2 】

周辺装置 6 のサーキュレータ 61 及び換気扇 62 は、それぞれ学習装置 3 と通信可能な運転情報送信部 61a、62a を有しており、運転情報送信部 61a、62a を介して、学習装置 3 へファン回転数等の運転情報を送信することができる。また、サーキュレータ 61 及び換気扇 62 は、それぞれファン 61b、62b を有し、ファン 61b、62b が運転制御部 61c、62c によって制御される。運転制御部 61c、62c は、学習装置 3 の制御ルール送信部 35 から制御信号を受信するとともに、ファン 61b、62b の制御情報、すなわち運転情報を運転情報送信部 61a、62a に出力する。

## 【 0 1 3 3 】

50

図 2 1 は、本実施の形態の利用センサ選択部 3 2 a によって利用可能と判断されたセンサ項目が記入されたセンサ項目表を示す。本実施の形態では、学習装置 3 の状態観測部 3 2 の利用センサ選択部 3 2 a は、図 1 3 に示すフローチャートと同様に、図 2 1 に示すセンサ項目表に換気扇を「1 個」、サーキュレータを「1 個」としてさらに記入する（ステップ S 1 0 4）。つまり、本実施の形態では、周辺装置として 1 個の換気扇と、1 個のサーキュレータとが利用可能であるとして登録されている。

【0 1 3 4】

サーキュレータ 6 1 は、室内の空気を吸い込み室内に排出することで、気流をつくる。したがって、空気調和機 1 の気流の補助にもなり得るし、反対に気流の妨げとなる可能性もある。ここでは、サーキュレータ 6 1 が空気調和機 1 の気流の補助になっていることを前提として説明する。

10

【0 1 3 5】

換気扇 6 2 は、室内の空気を吸い込み室外に排出する。換気扇 6 2 によって空気調和機 1 の気流が阻害されることはないが、換気扇 6 2 の稼働によって室内の暖気や冷気が排出されるので、空気調和機 1 にとっては、熱負荷の増大に繋がる。つまり、換気扇 6 2 の稼働時と非稼働時とでは、空気調和機 1 に必要な運転能力が異なるため、「冷凍サイクル制御」によって熱交換器の温度を調整し、吹出風の温度を制御する必要がある。

【0 1 3 6】

したがって、このような場合には、学習装置 3 の利用センサ選択部 3 2 a は、“温度均一制御”を学習するために、サーキュレータ 6 1 及び換気扇 6 2 を学習に利用する周辺装置として選択する（ステップ S 1 0 5）。このようにすることで、状態関数生成部 3 2 b は、サーキュレータ 6 1 及び換気扇 6 2 を制御対象として含めた状態関数としての Q - T a b l e を生成することができる（ステップ S 1 0 6）。

20

【0 1 3 7】

図 2 2 は、本実施の形態の学習装置 3 の状態関数生成部 3 2 b によって作成された Q - T a b l e を示す。実施の形態 1 では、3 点の測定点での温度の順位の 6 通りと吹出角度の 2 通りから 1 2 通りの状態  $s_1 \sim s_{12}$  を定義した。本実施の形態でも、実施の形態 1 と同じ状態  $s_1 \sim s_{12}$  を定義して学習に用いる。

【0 1 3 8】

また、本実施の形態では、実施の形態 1、2 と比較して、活用できる周辺装置が増えているため、行動の選択肢を以下の  $a_1 \sim a_{12}$  の 1 2 通りに拡大する。

30

- $a_1$  (Up) (吹出角度 を上げる) :  $t+1 = t +$
- $a_2$  (Down) (吹出角度 を下げる) :  $t+1 = t -$
- $a_3$  (Stay) (吹出角度 を変更しない) :  $t+1 = t$
- $a_4$  (Increment) (吹出温度を上げる) :  $f_{t+1} = f_t + f$ 、  $t+1 = t -$
- $a_5$  (Decrement) (吹出温度を下げる) :  $f_{t+1} = f_t - f$ 、  $t+1 = t +$
- $a_6$  (Keep) (吹出温度を変更しない) :  $f_{t+1} = f_t$ 、  $t+1 = t$
- $a_7$  (Increment) (サーキュレータのファン回転数を上げる) :  $U_{t+1} = U_t + U$
- $a_8$  (Decrement) (サーキュレータのファン回転数を下げる) :  $U_{t+1} = U_t - U$
- $a_9$  (Keep) (サーキュレータのファン回転数を変更しない) :  $U_{t+1} = U_t$
- $a_{10}$  (Increment) (換気扇のファン回転数を上げる) :  $V_{t+1} = V_t + V$
- $a_{11}$  (Decrement) (換気扇のファン回転数を下げる) :  $V_{t+1} = V_t - V$
- $a_{12}$  (Keep) (換気扇のファン回転数を変更しない) :  $V_{t+1} = V_t$

40

【0 1 3 9】

上記の行動の選択肢のうち、 $a_1 \sim a_3$  は、実施の形態 1 と同様に風向制御、すなわち「気流制御」の一種である。また、 $a_4 \sim a_6$  は、実施の形態 1 と同様に温度制御、すな

50

わち「冷凍サイクル制御」の一種である。つまり、 $a_1 \sim a_6$ は、空気調和機1に関する制御である。

【0140】

$a_7 \sim a_9$ は、サーキュレータ61のファン61bの回転数 $U$ の制御である。 $a_7$ ではファン61bの回転数を上げ、 $a_8$ ではファン61bの回転数を下げる。また、 $a_9$ ではファン61bの回転数を変更しない。なお、 $U$ は、サーキュレータ61のファン61bのモータ回転数の調整のための定数である。

【0141】

$a_{10} \sim a_{12}$ は、換気扇62のファン62bの回転数 $V$ の制御である。 $a_{10}$ ではファン62bの回転数を上げ、 $a_{11}$ ではファン62bの回転数を下げる。また、 $a_{12}$ ではファン62bの回転数を変更しない。なお、 $V$ は、換気扇62のファン62bのモータ回転数の調整のための定数である。

10

【0142】

以上のようにして、状態関数生成部32bは、状態関数を作成した後、学習部33へ状態関数を入力する(ステップS107)。

【0143】

また、学習部33においては、実施の形態1と同様に熱画像センサ44によって、図18に示す床面温度 $T_{Q1}$ と天井面温度 $T_{Q2}$ の温度を観測し、以下の式8及び式9を用いて報酬値を計算する。ここで、 $T_m$ は、温度センサ43によって測定される吸込み温度である。また、 $\gamma$ は0から1の値をとる重みづけ係数で、上下温度差と、吸込み温度 $T_m$ と目標温度 $T_r$ との温度差と、の評価の重みづけの定数である。

20

【0144】

【数8】

$$ratio_r = \frac{T_{Q1}}{T_{Q2}}$$

【0145】

【数9】

$$r_t = \gamma \frac{1}{\sqrt{2}} \left( \exp \left( -\frac{(ratio_r - 1.0)^2}{2} \right) \right) + (1 - \gamma)(T_m - T_r)$$

30

【0146】

このように構成される空気調和システム300にあつては、実施の形態1と同様に、学習を更新することで、周辺装置としてのサーキュレータ61及び換気扇62等を考慮した空気調和機1の制御を学習することができる。よって、学習装置3によって、汎用的な学習が可能となる効果を奏する。

【0147】

近年普及してきたホームオートメーションの仕組みは、センサ仕様の拡張を容易にしている。この仕組みは、温度センサ、熱画像センサ、及び画像センサ等だけではなく、換気扇、サーキュレータ、加湿器、除湿器やドアの開閉を検知するドアセンサといった室内との通信装置が搭載されている。この仕組みがあれば、熱画像センサや画像センサなどのセンサを搭載していない空気調和機であっても、センサ仕様の機能の拡張が容易に行える。

40

【0148】

空気調和機をこのような周辺機器と連携して制御することができれば、空気調和機を単体で使用するよりもユーザの快適性向上や消費電力低減に効率的な運転の可能性がある。このとき、学習装置には、これらの周辺機器を空気調和機と同じように制御し、室内環境に応じて空気調和機の制御方法を学習するためのインターフェースが必要になる。

【0149】

ここで、センサや周辺機器の違いに応じて汎用的な空気調和機とのインターフェースをもつ学習装置を作るためには、多くの可能性を考慮して、非常に規模の大きく複雑インタ

50

ーフェースを用意する必要があるように思える。しかし実際には、気流制御と冷凍サイクル制御の調整に活用できるセンサと、空気調和機の運転に影響する周辺装置の種類は限られている。気流制御と冷凍サイクル制御の調整に活用できるセンサは、温度センサ、熱画像センサ、画像センサ、湿度センサ、ドアセンサがあげられ、例えばこれらのセンサの個数と解像度のみを考慮すればよい。また、空気調和機の運転に影響する周辺装置は、サーキュレータ、換気扇、加湿器、除湿器があり、これらのみを考慮すればよい。

#### 【0150】

特に、換気扇やサーキュレータといった周辺装置の運転に応じてユーザが手動で空気調和機の風向及び温度等の設定を調整するのは非常に手間のかかる作業であるが、この方法によれば自動で空気調和機の制御が最適なものとできる。

10

#### 【0151】

図23は、サーキュレータ61の気流と空気調和機1の室内機10の吹出風の気流が干渉する様子を示している。サーキュレータ61の送風によって空気調和機1の送風を補助することで、本来であれば空気調和機1単体で運転するよりも広い範囲に気流を送風することができる。しかしながら、サーキュレータ61の送風方向が空気調和機1の送風方向と干渉した場合は、サーキュレータ61によって空気調和機1の送風が阻害される場合がある。

#### 【0152】

そこで、学習装置3によってサーキュレータ61の運転を制御する場合、サーキュレータ61の送風角度を以下の $a_{13} \sim a_{15}$ のようにさらに行動の選択肢に追加することができる。このようにすることで、サーキュレータ61の気流と干渉しない吹出風の風向を学習することができる。

20

$a_{13}$  (Up) (ファン61bの送風角度を上げる) :  $t+1 = t +$

$a_{14}$  (Down) (ファン61bの送風角度を下げる) :  $t+1 = t -$

$a_{15}$  (Stay) (ファン61bの送風角度を変更しない) :  $t+1 = t$

#### 【0153】

なお、本実施の形態では、実施の形態1と同じ状態 $s_1 \sim s_{12}$ を定義して学習に用いる場合について説明したが、例えば、さらにサーキュレータ61の電源のオンとオフの2通り、及び換気扇62の電源のオンとオフの2通りの計4通りを状態の定義に加えて、 $6 \times 2 \times 2 \times 2 = 48$ 通りの状態 $s_1 \sim s_{48}$ を状態として定義するもの等としてもよい。

30

#### 【0154】

実施の形態4 .

実施の形態4の空気調和システムについて、図24から図26を用いて説明する。図24は、本実施の形態の空気調和システム400を示す機能ブロック図である。本実施の形態の空気調和システム400は、室内人数を考慮してQ-Tableを使い分けた学習ができる点で、実施の形態1から3の空気調和システムと異なる。本実施の形態のその他の構成は実施の形態1又は3と同様であるため、以下では異なる点を中心に説明する。

#### 【0155】

なお、以下の説明では、空気調和機1は、広さ10畳(18m<sup>2</sup>)程度の部屋に設置されたルームエアコンであって、2000W程度の熱負荷能力を持つ空気調和機を例として説明するが、これに限られるものではない。

40

#### 【0156】

空気調和システム400は、図24に示すように、空気調和機1の室内機10に、図9(c)で説明した画像センサ45を有する。画像センサ45のセンサ情報は、センサ情報送信部41を介して、学習装置3の状態観測部32へ送信される。また、本実施の形態の学習装置3は、状態観測部32に室内人数計数部32cを有する。室内人数計数部32cは、画像センサ45のセンサ情報に基づいて、空気調和機1の室内機10が設置された室内のユーザの人数を計数する。

#### 【0157】

空気調和機1が高解像度の画像センサ45を備えている場合は、画像処理によって、室

50

内にいるユーザの人数を判定することができる。人体の発熱量は、1人あたり100W程度あり、空気調和機1の熱負荷となる。ユーザの人数を空気調和機1の状態の定義に含めることで、空気調和機1の運転能力の調整が可能になる。住宅用のルームエアコンであれば、10畳(18m<sup>2</sup>)用のルームエアコンで2000W以上の熱負荷能力がある。

【0158】

実施の形態1では、学習において室内の人数を考慮しておらず、状態観測部で定義した状態 $s_1 \sim s_{12}$ には室内の人数の情報を含まない。これは、室内の人数を1~2人程度と仮定する等して、2000W以上の熱負荷能力を持った空気調和機であれば、制御方法に大きく影響しないと仮定している。しかし、10畳(18m<sup>2</sup>)程度の室内であっても、しばしば3人以上の人数が同時に滞在する場合がある。

10

【0159】

このような場合、室内にいる人数によって強化学習の方法を調整する方法を以下では説明する。より具体的には、本実施の形態では、室内のユーザの人数が2人以下の場合と、室内のユーザの人数が3人以上の場合の2種類のQ-Tableを保持し、ユーザの人数によって使用するQ-Tableを使い分ける。

【0160】

図25は本実施の形態で使用されるQ-Tableの例を示している。図25(a)は、室内のユーザの人数が2人以下の場合に用いるものであり、実施の形態1で説明したものと同様である。室内のユーザの人数が2人以下の場合は熱負荷が小さいので、室内の換気扇やサーキュレータの補助は使わずに空気調和機のみで制御を行うことができる。

20

【0161】

一方、図25(b)は、室内のユーザの人数が3人以上の場合に用いるものであり、制御項目に実施の形態3で説明したようにサーキュレータ61及び換気扇62を含む。室内のユーザの人数が3人以上の場合は、熱負荷が大きいため、室内のサーキュレータ61及び換気扇62の補助を使用するとよい。

【0162】

このように、大きさの異なるQ-Tableを少なくとも2個持ち、状況に応じて、使用するQ-Tableを変更することで、必要以上にQ-Tableを大きくすることなく、きめ細かい制御を行うことができる。なお、本実施の形態の空気調和システム400は、Q-Tableを複数有して使い分ける点に特徴があるため、Q-Tableの個数は2個に限られるものではなく、3個以上であってもよい。また、複数のQ-Tableを使い分ける基準は、ユーザ人数以外であってもよい。

30

【0163】

図26は、実施の形態4の学習方法を説明するためのフローチャートである。本実施の形態のフローチャートは、図25に示すように、実施の形態1で示す図13のフローチャートに、室内人数のカウント(ステップS121)及び状態関数の選択(ステップS122)の処理を追加したものである。

【0164】

実施の形態1、3と同様に、状態関数生成部32bは、状態関数を生成する(ステップS107)。ただし、本実施の形態では、状態関数生成部32bは、図25に示す2種類のQ-Tableを生成する。

40

【0165】

そして、状態関数生成部32bが学習部33へ状態関数を出力した場合(ステップS107)、又は、センサ仕様の変更が無いと判定された場合(ステップS103:No)、状態観測部32の室内人数計数部32cは、センサ情報送信部41から入力された画像センサ45のセンサ情報を用いて、室内のユーザの人数をカウントする(ステップS121)。

【0166】

そして、室内人数計数部32cは、室内人数のカウント結果に基づいて、適切な状態関数を選択する(ステップS122)。いずれの状態関数を選択するかの情報は、状態観測

50

部 3 2 から学習部 3 3 へと出力される。

【 0 1 6 7 】

その後、状態観測部 3 2 は、実施の形態 1 と同様に、状態の観測を行う（ステップ S 1 0 8 ）。その後の流れは実施の形態 1 と同様であるが、学習を終了するか否かが判定し（ステップ S 1 1 1 ）、学習を終了しないと判定された場合（ステップ S 1 1 1 : N o ）、再度室内人数計測部 3 2 c による室内人数のカウントが行われることとなる（ステップ S 1 2 1 ）。

【 0 1 6 8 】

このように構成される空気調和システム 4 0 0 にあっては、室内に存在するユーザの人数を空気調和機の状態の定義に含めることで、空気調和機の運転能力の調整が可能となり、必要以上に Q - T a b l e を大きくすることなく、きめ細かい制御を行うことができる効果を奏する。

10

【 0 1 6 9 】

実施の形態 5 .

実施の形態 5 の空気調和システムについて説明する。本実施の形態の空気調和システムは、学習装置 3 がサーバ上に設けられている点で、実施の形態 1 から 4 の空気調和システムと異なる。本実施の形態の空気調和システムのその他の構成は実施の形態 1 から 4 と同様であるため、以下では異なる点を中心に説明する。

【 0 1 7 0 】

学習装置 3 は、ユーザが使用する通信端末 5 や空気調和機 1 の一部（例えばリモートコントローラ）に設置することに限定する必要はなく、インターネットを介したサーバ上に設けてもよい。この場合、サーバ上の学習装置 3 は、2 台以上の空気調和機 1 の運転の学習を行うことができる。

20

【 0 1 7 1 】

ここで、実施の形態 1 では、学習装置 3 の目標入力部 3 1 は通信端末 5 の I / O 5 1 に実装され、ユーザによって目標が入力される例を説明した。しかしながら、本実施の形態では、目標入力部 3 1 を含む学習装置 3 全体がサーバ上に設けられる。すなわち、本実施の形態における学習装置 3 の目標入力部 3 1 は、ユーザが使用する空気調和機 1 と通信可能な通信端末又は空気調和機 1 のリモートコントローラ等によって運転目標が入力された後に、その入力された情報を受信する機能を有する。

30

【 0 1 7 2 】

実施の形態 4 と同様に、空気調和機 1 に高解像度の画像センサ 4 5 が備えられている場合、画像センサ 4 5 で撮像した画像を処理することで、空気調和機 1 の設置室内の形状を調べることができる。すなわち、画像センサ 4 5 を用いて、室内の間取りを検知し、室内の間取りを状態として定義し、複数の空気調和機の運転を学習することで、間取りに基づいた最適な気流制御と冷凍サイクル制御を確立することができる効果を奏する。

【 0 1 7 3 】

実施の形態 6 .

実施の形態 6 の空気調和システムを図 2 7 に示す。実施の形態 6 の空気調和システムは、センサの測定値に基づいて状態推定値を推定してセンサの測定値を補間するセンサ測定値補間部 4 7 を備える点で、実施の形態 1 から 5 の空気調和システムと異なる。本実施の形態の空気調和システムのその他の構成は実施の形態 1 から 5 と同様であるため、以下では異なる点を中心に説明する。

40

【 0 1 7 4 】

温度センサや湿度センサといったセンサ類は、センサの種類によって精度、分解能及びサンプリングレートといった性能が異なる。例えば、安価な温度センサは精度が低く  $\pm 0.5$  の誤差を含み、高価な温度センサは精度が高く  $\pm 0.1$  の誤差を含むなどのように、センサの品質によって精度が異なる。また、安価な温度センサの分解能は 1.0 、高価な温度センサの分解能は 0.1 などのように、センサの品質によって分解能が異なる。また、安価な温度センサはサンプリングレート 5.0 秒周期、高価な温度センサはサ

50

ンプリングレート 1 . 0 秒周期などのように、センサの品質によってサンプリングレートが異なる。

【 0 1 7 5 】

強化学習などの制御手法を空気調和機に適用するためには、センサの精度、分解能及びサンプリングレートが高いほうが、状態を高精度に観測できるため都合が良い。したがって、本来は高性能なセンサを用いることが好ましい。しかしながら、安価で性能の低いセンサであっても、カルマンフィルタなどの状態推定手法で測定データを補間することにより、精度、分解能及びサンプリングレートを補完し、性能の高いセンサと同様の測定値を得ることができる。

【 0 1 7 6 】

本実施の形態 6 の空気調和システムは、センサ測定値補間部 4 7 を備える。センサ測定値補間部 4 7 は、状態推定手法を用いることにより各センサの実際の測定値に基づいて状態推定値を算出し、センサの測定値を補間する。センサ測定値補間部 4 7 は、センサ情報送信部 4 1 に設けられていても良いが、配置はこれに限られない。また、センサ測定値補間部 4 7 は、センサの精度と分解能とサンプリングレートの仕様を収集し、これらの仕様値の性能が基準より低い場合にセンサ測定値の補間を行うようにしてもよい。

【 0 1 7 7 】

以下、センサ測定値補間部 4 7 の動作について説明する。センサ測定値補間部 4 7 の動作は、下記のシステム同定ステップ及び状態推定ステップを含む。

【 0 1 7 8 】

<システム同定ステップ>

まず、システム同定ステップについて説明する。部屋の温度  $x(t)$  [ ] は、外気温度  $x_0$  [ ]、空気調和機による熱入力  $Q$  [ W ]、部屋の断熱係数  $L$  [ W / ] として、式 1 0 のように書ける。

【 0 1 7 9 】

【数 1 0】

$$\frac{dx(t)}{dt} = L(x(t) - \theta_0) + Q(k)$$

【 0 1 8 0 】

図 2 8 は、このような部屋の温度  $y(t)$  を最小分解能  $T$  [ ]、サンプリングレート  $t$  [ 秒 ] の温度センサで観測した場合の温度値を示した図である。

【 0 1 8 1 】

式 1 0 は、温度  $x(t)$  の線形 1 次常微分方程式であり、差分化することで、式 1 1 のように、線形の状態空間モデルで記述できる。ここで、 $k$  は離散時間 ( $k = 0, 1, \dots$ ) であり時間  $t = k \quad t$  [ 秒 ] を示している。 $x(k)$  は状態 ( 温度 )、 $Q(k)$  は空気調和機の熱入力、 $y(k)$  はセンサで計測した部屋の温度値である。

【 0 1 8 2 】

【数 1 1】

$$\begin{aligned} x(k+1) &= Ax(k) + bQ(k) \\ y(k) &= cx(k) \end{aligned}$$

【 0 1 8 3 】

式 1 1 において、 $A$ 、 $b$ 、 $c$  は状態空間モデルのパラメータである。サンプリングレート  $t$  で一定期間のデータ  $y(k)$ 、 $Q(k)$  を収集し、最小二乗法や N 4 S I D 法などのシステム同定を行うことによって、パラメータ ( $A$ 、 $b$ 、 $c$ ) を推定できる。

【 0 1 8 4 】

センサ測定値補間部 4 7 は、式 1 1 および一定期間のデータ  $y(k)$ 、 $Q(k)$  に基づいてシステム同定を行い、状態空間モデルのパラメータ ( $A$ 、 $b$ 、 $c$ ) を推定する。パラメータ ( $A$ 、 $b$ 、 $c$ ) を推定後、状態推定ステップに移る。

10

20

30

40

50

【 0 1 8 5 】

&lt; 状態推定ステップ &gt;

状態推定部ステップでは、部屋の温度値として、サンプリングレート  $t$  の温度センサで観測したセンサ温度値を  $t$  よりも小さいサンプリングレート  $t_{up}$  で再サンプリング（アップサンプリング）したデータを用いる。図 2 9 は、図 2 8 で測定したセンサ温度値を  $t_{up}$  で再サンプリング（アップサンプリング）した温度値を示している。ここでアップサンプリングは、追加図 1 のセンサの温度計測時間  $t$  の  $\pm t/2$  秒間の区間の温度をセンサ温度計測値と同じ値とした、単純な補間を行っている。

【 0 1 8 6 】

センサ値は真の温度値  $x(k)$  に白色性ノイズ  $w(k)$  が付加された値の観測値であるとして、式 1 1 の状態空間モデルに白色性ノイズ  $w(k)$  が付加された形式で、式 1 2 のようにモデル化する。以降は、センサ温度値を  $t_{up}$  でアップサンプリングしたデータを扱う。式 1 2 と式 1 1 は扱う温度データのサンプリングレートが異なるので、離散時間は、 $k$  ではなく  $l$  としている。

10

【 0 1 8 7 】

【数 1 2】

$$\begin{aligned}x(l+1) &= Ax(l) + bQ(l) \\ y(l) &= cx(l) + w(l)\end{aligned}$$

【 0 1 8 8 】

線形カルマンフィルタを用いると、観測値  $y(l)$  から逐次的に真の温度値  $x(l)$  を推定できる。

20

具体的には、時間  $t = 1$  で下記の予測ステップとフィルタリングステップを計算し、この 2 つの計算をしたのちに時間を  $t = 1 + 1$  にインクリメントして同様の演算を繰り返す。

【 0 1 8 9 】

予測ステップ

下記の式 1 3 を用いて、事前状態推定値  $\hat{x}^-(l)$ 、事前誤差共分散行列  $P^-(l)$  を求める。

【 0 1 9 0 】

【数 1 3】

$$\begin{aligned}\hat{x}^-(l) &= A\hat{x}(l-1) + bQ(l-1) \\ P^-(l) &= AP(l-1)A^T\end{aligned}$$

30

【 0 1 9 1 】

フィルタリングステップ

下記の式 1 4 を用いて、カルマンゲイン  $g(l)$ 、状態推定値  $\hat{x}(l)$ 、事後誤差共分散行列  $P(l)$  を求める。

【 0 1 9 2 】

【数 1 4】

$$\begin{aligned}g(l) &= \frac{P^-(l)c}{c^T P^-(l)c} \\ \hat{x}(l) &= \hat{x}^-(l) + g(l)(y(l) - c^T \hat{x}^-(l)) \\ P(l) &= (I - g(l)c^T)P^-(l)\end{aligned}$$

40

【 0 1 9 3 】

このような演算を逐次的に繰り返せば、観測値から状態推定値  $\hat{x}(l)$  を得ることができる。図 3 0 は、図 2 9 からカルマンフィルタによって推定した状態推定値を示す図である。得られた状態推定値を用いてセンサ測定値を補間することで、センサの分解能およびサンプリングレートを補完し、状態の観測精度を高めることができる。

【 0 1 9 4 】

50

センサ測定値補間部 47 は、サンプリングレート  $t$  の温度センサで観測したセンサ温度値を  $t$  よりも小さいサンプリングレート  $t_{up}$  で再サンプリングしたデータを用いて式 12 に基づき状態推定を行い状態推定値を算出し、当該状態推定値を用いてセンサ測定値を補間する。そして、データ学習装置 3 は、状態推定値によりセンサ測定値を補間したデータを用いて学習を行う。状態推定値によりセンサ測定値を補間したデータを用いることで、センサの分解能およびサンプリングレートを補完し、状態の観測精度を高めることができる。また、状態の観測精度を高めることで学習の精度を高めることができる。

【0195】

以上のように、本実施形態 6 の空気調和システムによれば、センサの測定値に基づいて状態推定値を推定してセンサの測定値を補間するセンサ測定値補間部を備えることにより、センサの分解能及びサンプリングレートを補完して状態を高精度に観測することが可能となり、学習の精度を高めることが可能となる。

10

【0196】

なお、各実施の形態を、適宜、組み合わせたり、変形や省略することも、本開示の範囲に含まれる。

【符号の説明】

【0197】

1 空気調和機、3 学習装置、5 通信端末、6 周辺装置、  
 10 室内機、11 熱交換器、11a 配管、11b フィン、12 ファン、13 風向制御板（上下）、14 風向制御板（左右）、17 マイコン、17a 気流制御ルール記憶部、17b 室内機制御部、  
 20 室外機、21 熱交換器、22 ファン、23 圧縮機、24 膨張弁、25 四方弁、26 温度センサ、27 マイコン、27a 冷凍サイクル制御ルール記憶部、27b 室外機制御部、  
 31 目標入力部、32 状態観測部、32a 利用センサ選択部、32b 状態関数生成部、32c 室内人数計数部、33 学習部、34 制御ルール記憶部、35 制御ルール送信部、  
 41 センサ情報送信部、43 温度センサ、44 熱画像センサ、45 画像センサ、46 湿度センサ、47 センサ測定値補間部、  
 51 I/O、52 マイコン、  
 61 サーキュレータ、61a 運転情報送信部、61b ファン、61c 運転制御部、  
 62 換気扇、62a 運転情報送信部、62b ファン、62c 運転制御部、  
 100、200、300、400 空気調和システム

20

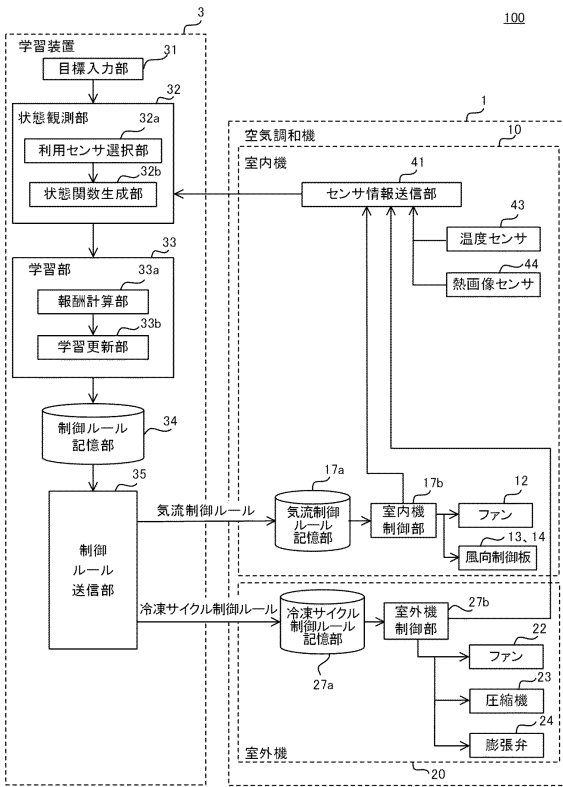
30

40

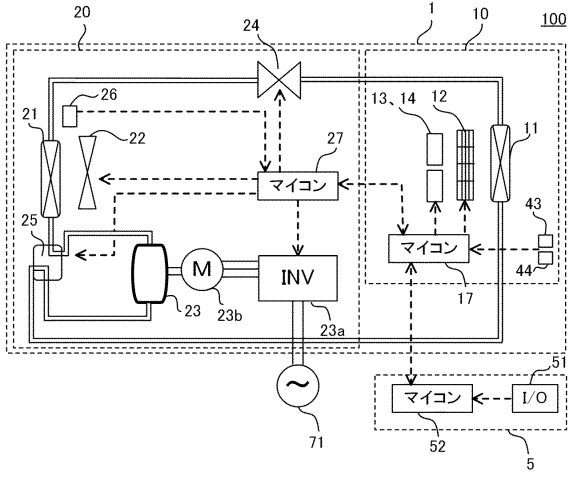
50

【図面】

【図 1】



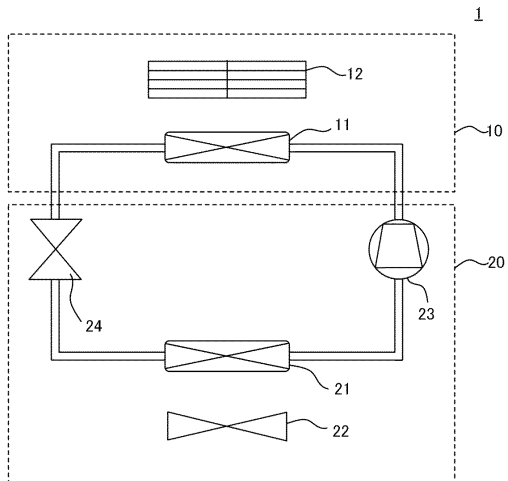
【図 2】



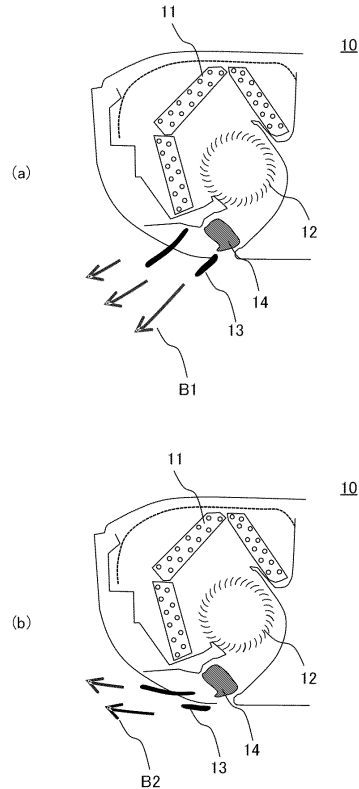
10

20

【図 3】



【図 4】

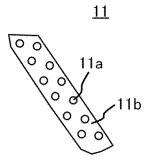


30

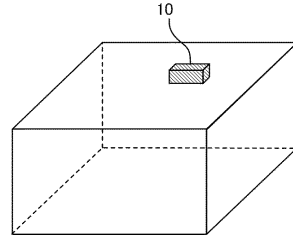
40

50

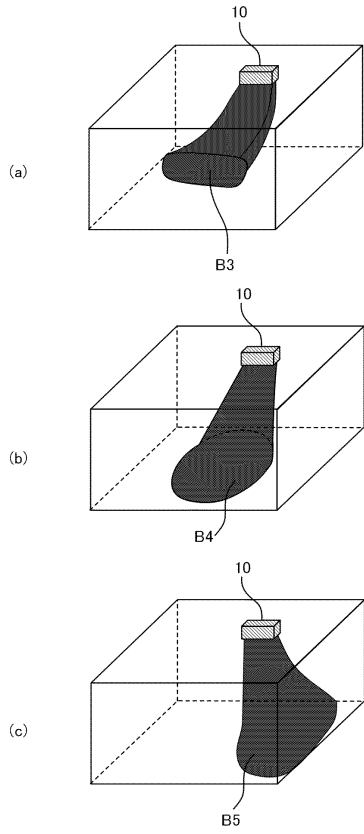
【図 5】



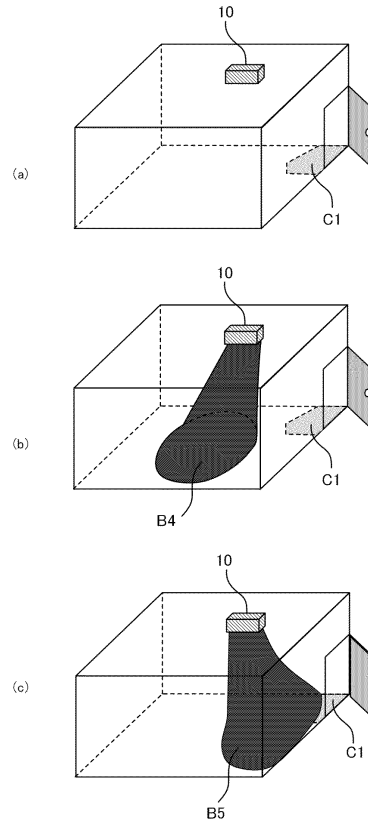
【図 6】



【図 7】



【図 8】



10

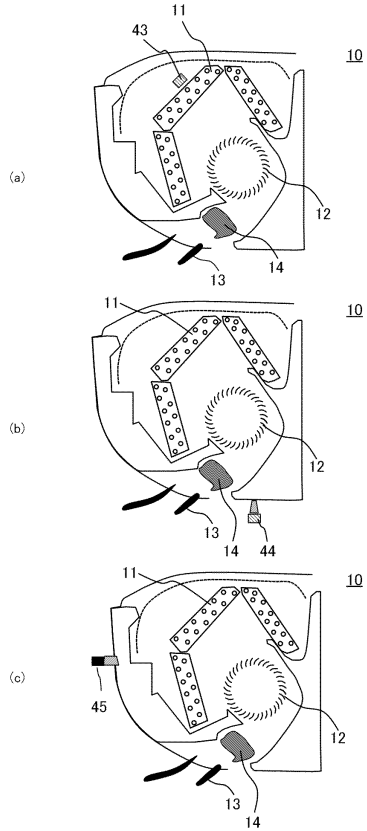
20

30

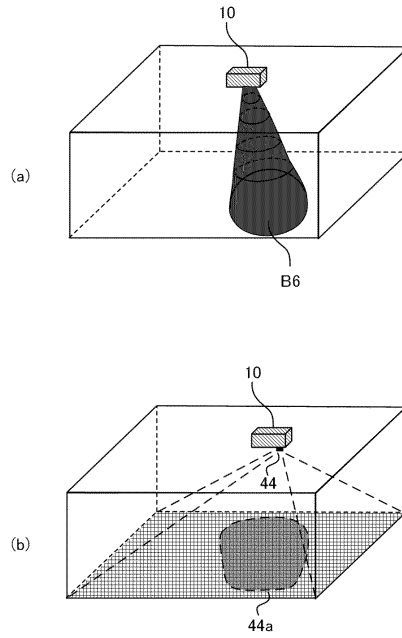
40

50

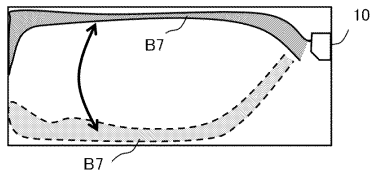
【図 9】



【図 10】



【図 11】



【図 12】

センサ項目	搭載仕様
温度センサ	1個
湿度センサ	無
熱画像センサ	1個(解像度・中)
画像センサ	無
ドアセンサ	無
加湿器	無
除湿器	無
換気扇	無
サーキュレータ	無

10

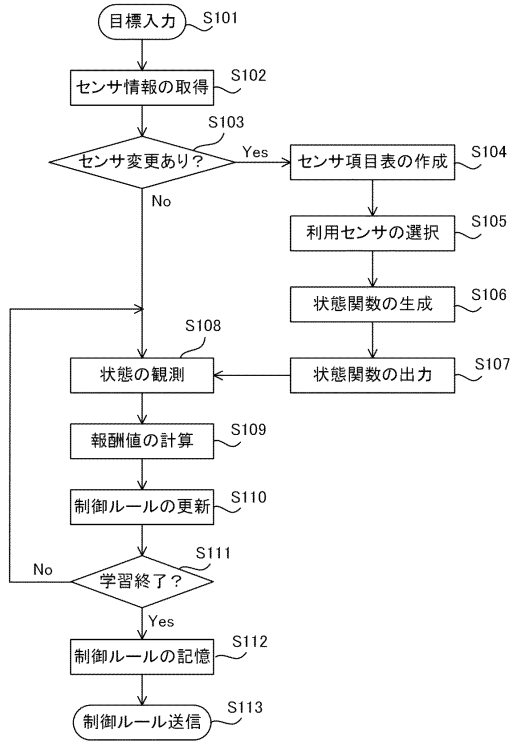
20

30

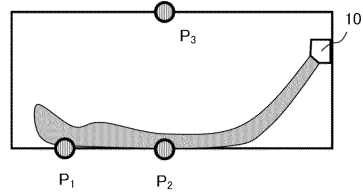
40

50

【 図 1 3 】



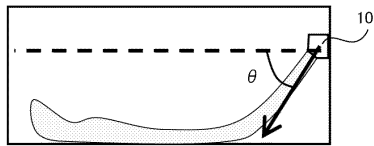
【 図 1 4 】



10

20

【 図 1 5 】



【 図 1 6 】

State	T <sub>P1</sub>	T <sub>P2</sub>	T <sub>P3</sub>	$\theta$
s <sub>1</sub>	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	$\theta < 45^\circ$
s <sub>2</sub>	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	$\theta \geq 45^\circ$
s <sub>3</sub>	1 <sup>st</sup>	3 <sup>rd</sup>	2 <sup>nd</sup>	$\theta < 45^\circ$
:	:	:	:	:
s <sub>12</sub>	3 <sup>rd</sup>	2 <sup>nd</sup>	1 <sup>st</sup>	$\theta \geq 45^\circ$

30

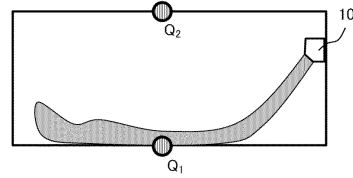
40

50

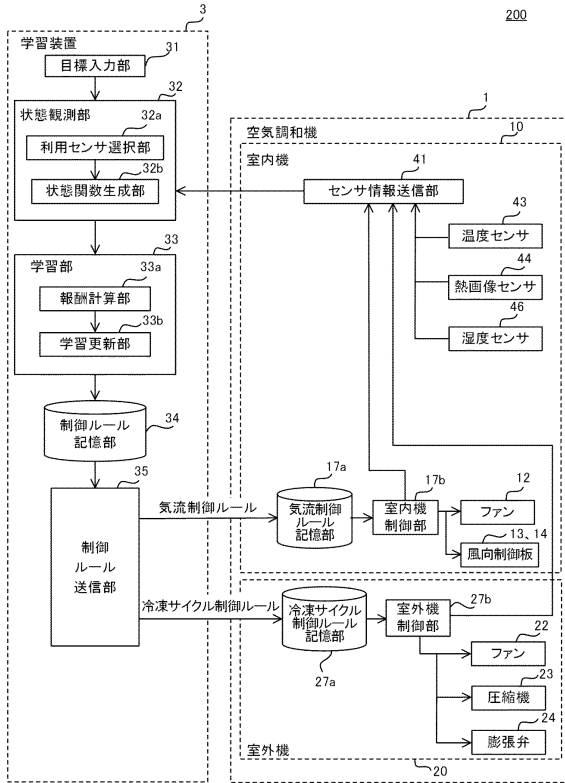
【図 17】

	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	...	S <sub>12</sub>
a <sub>1</sub> (UP)	0.2	0.5	0.8	...	0.2
a <sub>2</sub> (Down)	0.1	0.2	0.2	...	0.1
a <sub>3</sub> (Stay)	0.3	0.6	0.1	...	0.3
a <sub>4</sub> (Increment)	:				:
a <sub>5</sub> (Decrement)	:				:
a <sub>6</sub> (Keep)	:			...	:

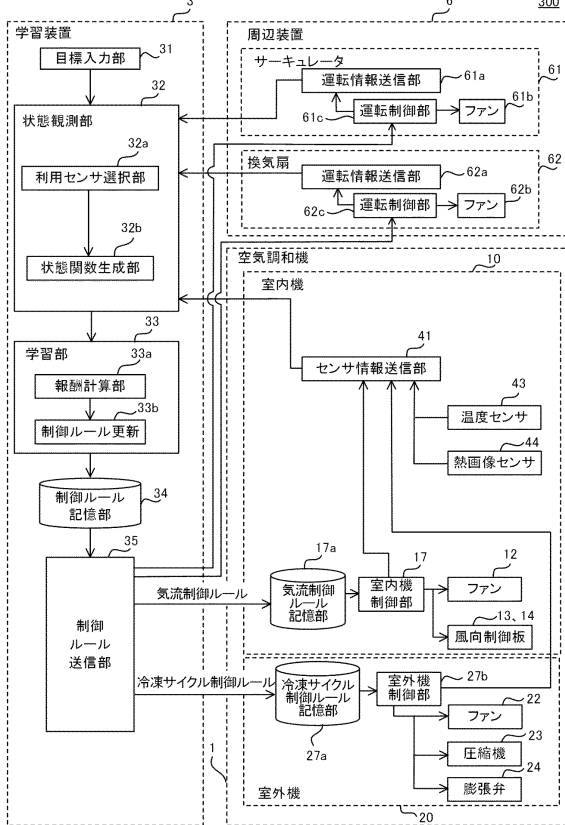
【図 18】



【図 19】



【図 20】



【図 21】

センサ項目	搭載仕様
温度センサ	1個
湿度センサ	無
熱画像センサ	1個(解像度・中)
画像センサ	無
ドアセンサ	無
加湿器	無
除湿器	無
換気扇	1個
サーキュレータ	1個

【図 22】

	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	...	S <sub>12</sub>
a <sub>1</sub> (UP)	0.2	0.5	0.8	...	0.2
a <sub>2</sub> (Down)	0.1	0.2	0.2	...	0.1
a <sub>3</sub> (Stay)	0.3	0.6	0.1	...	0.3
a <sub>4</sub> (Increment)	:				:
a <sub>5</sub> (Decrement)	:				:
a <sub>6</sub> (Keep)	:			...	:
:					:
:					:
a <sub>12</sub> (Keep)					:

10

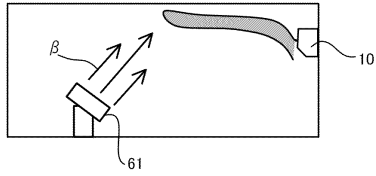
20

30

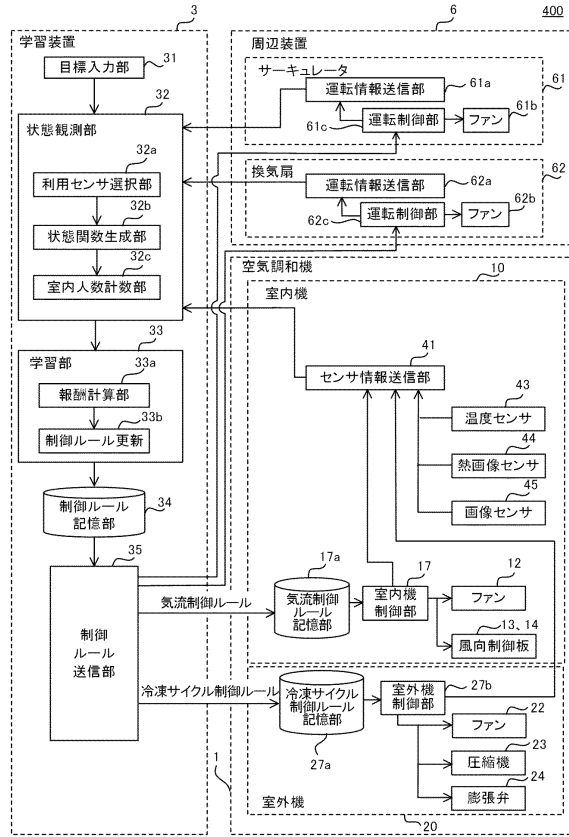
40

50

【図 2 3】



【図 2 4】



10

20

【図 2 5】

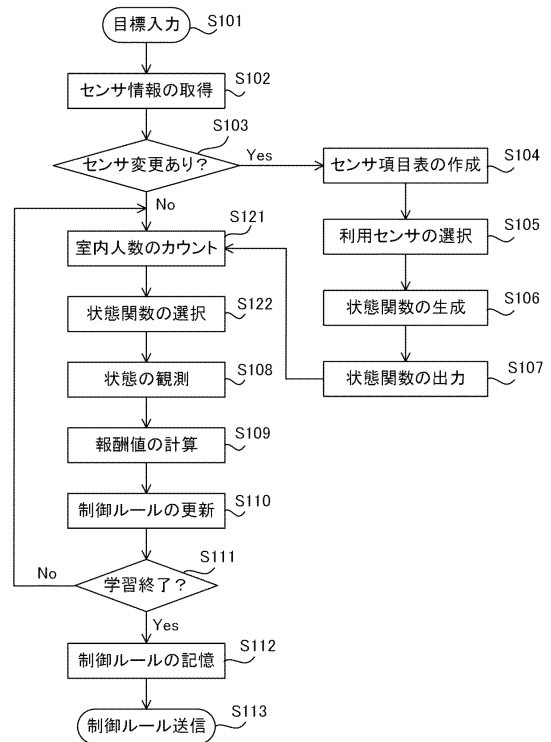
(a)

	s <sub>1</sub>	s <sub>2</sub>	s <sub>3</sub>	...	s <sub>12</sub>
a <sub>1</sub> (UP)	0.2	0.5	0.8	...	0.2
a <sub>2</sub> (Down)	0.1	0.2	0.2	...	0.1
a <sub>3</sub> (Stay)	0.3	0.6	0.1	...	0.3
a <sub>4</sub> (Increment)	:				:
a <sub>5</sub> (Decrement)	:				:
a <sub>6</sub> (Keep)	:			...	0.3

(b)

	s <sub>1</sub>	s <sub>2</sub>	s <sub>3</sub>	...	s <sub>48</sub>
a <sub>1</sub> (UP)	0.2	0.5	0.8	...	0.2
a <sub>2</sub> (Down)	0.1	0.2	0.2	...	0.1
a <sub>3</sub> (Stay)	0.3	0.6	0.1	...	0.3
a <sub>4</sub> (Increment)	:				:
a <sub>5</sub> (Decrement)	:				:
a <sub>6</sub> (Keep)	:			...	:
:					:
:					:
a <sub>12</sub> (Keep)					:

【図 2 6】

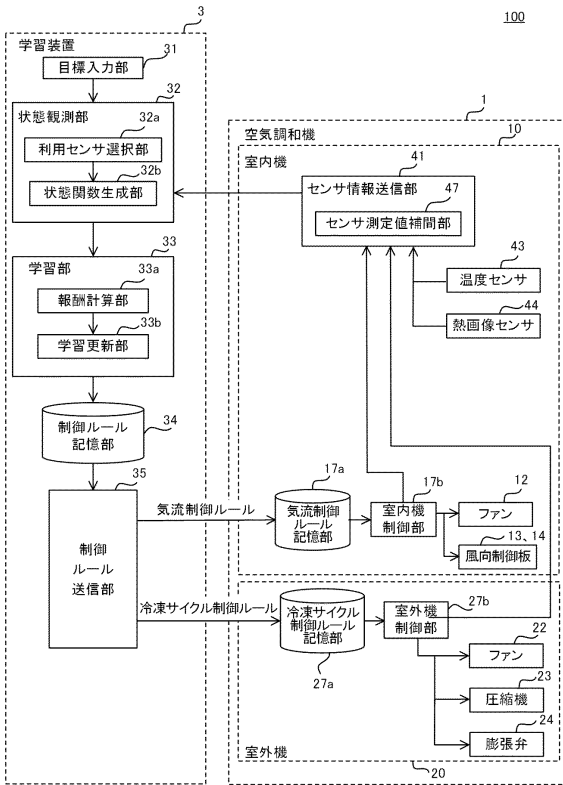


30

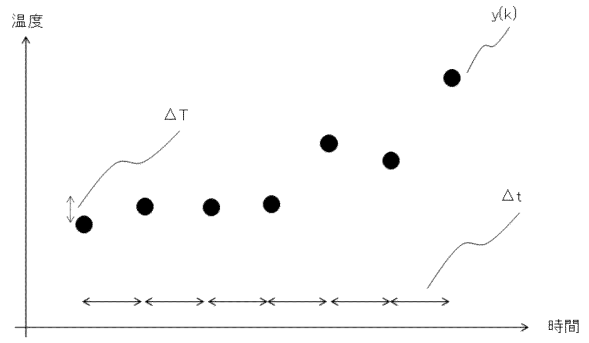
40

50

【図 27】



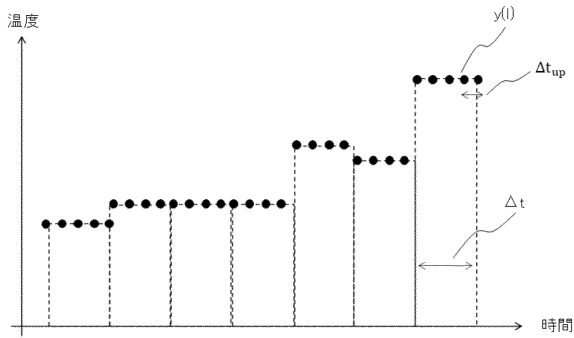
【図 28】



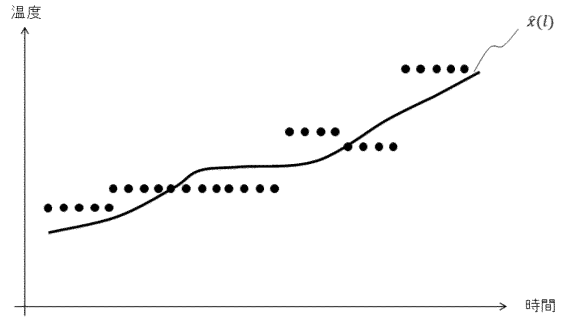
10

20

【図 29】



【図 30】



30

40

50

---

フロントページの続き

(51)国際特許分類 F I  
F 2 4 F 120/10 (2018.01) F 2 4 F 120:10

(72)発明者 池田 孟  
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

審査官 村山 美保

(56)参考文献 国際公開第2020/184454(WO, A1)  
特開平9-250794(JP, A)  
特開2020-177492(JP, A)  
特開2020-200998(JP, A)  
特開2019-2596(JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
F 2 4 F 1 1 / 6 2  
F 2 4 F 1 1 / 7 4  
F 2 4 F 1 1 / 7 9  
F 2 4 F 1 1 / 8 0  
F 2 4 F 1 1 / 5 6  
F 2 4 F 1 2 0 / 1 0