

(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
2016年12月8日(08.12.2016)



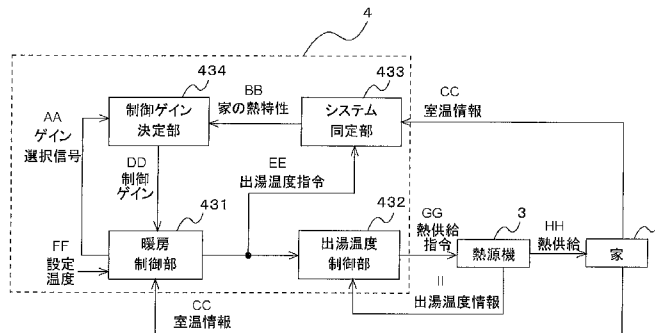
(10) 国際公開番号
WO 2016/194397 A1

- (51) 国際特許分類:
F24D 3/00 (2006.01) F24D 3/18 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/051650
- (22) 国際出願日: 2016年1月21日(21.01.2016)
- (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 2015-113425 2015年6月3日(03.06.2015) JP
- (71) 出願人: 三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 中井 孝洋(NAKAI, Takahiro); 〒1008310 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 Tokyo (JP). 宇野 義隆(UNO, Yoshitaka); 〒1008310 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 Tokyo (JP). 山本隆也(YAMAMOTO, Takaya); 〒1008310 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 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人きさ特許商標事務所(KISA PATENT & TRADEMARK FIRM); 〒1050001 東京都港区虎ノ門二丁目10番1号 虎ノ門ツインビルディング東棟8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, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),

[続葉有]

(54) Title: HOT-WATER HEATING SYSTEM, CONTROL DEVICE, AND CONTROL METHOD

(54) 発明の名称: 温水暖房システム、制御装置および制御方法



- 1 House
- 3 Heat source device
- 431 Heating control unit
- 432 Tapping temperature control unit
- 433 System identification unit
- 434 Control gain determination unit
- AA Gain selection signal
- BB Thermal characteristics of house
- CC Room temperature information
- DD Control gain
- EE Tapping temperature command
- FF Set temperature
- GG Heat supply command
- HH Heat supply
- II Tapping temperature information

(57) Abstract: This hot-water heating system is provided with: a room temperature sensor for detecting room temperature information related to a building; a heat source device for generating hot water; an indoor unit which heats the building by emitting the heat of the hot water generated by the heat source device; and a control device for controlling the heat source device. Furthermore, the control device is provided with: a control gain determination unit which, on the basis of the thermal characteristics of the building, calculates a first gain and a second gain; a heating control unit which uses the first gain and the second gain to update a tapping temperature command, i.e. a target value for the outlet temperature of water in a refrigerant-water heat exchanger; and a tapping temperature control unit which, in cases when air conditioning in which the indoor unit supplies heat to the building is ON, issues a heat supply command to the heat source device on the basis of the tapping temperature command updated by the heating control unit. Moreover, the first gain is designed so as to obtain a tapping temperature command which becomes a desired room temperature response when the air conditioning is ON. The second gain is designed so as to obtain a tapping temperature command reflecting the room temperature change

when the air conditioning is OFF and the indoor unit does not supply heat to the building. When the air conditioning is ON, the heating control unit updates the tapping temperature command using the set room temperature, the room temperature information, and the first gain. Furthermore, when the air conditioning is OFF, the heating control unit updates the tapping temperature command using the set room temperature, the room temperature information, and the second gain.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2016/194397 A1

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))

温水暖房システムは、建物の室温情報を検出する室温センサと、温水を生成する熱源機と、熱源機によって生成される温水の熱を放出して建物を暖房する室内機と、熱源機を制御する制御装置と、を備える。また、制御装置は、建物の熱特性に基づいて第1ゲインおよび第2ゲインを算出する制御ゲイン決定部と、第1ゲインおよび第2ゲインを用いて、冷媒-水熱交換器の水の出口温度の目標値である出湯温度指令を更新する暖房制御部と、室内機が建物へ熱を供給する空調ONの場合に、暖房制御部で更新される出湯温度指令に基づいて熱源機への熱供給指令を行う出湯温度制御部と、を有する。さらに、第1ゲインは、空調ONの場合に所望の室温応答となるような出湯温度指令を得るように設計されるものであり、第2ゲインは、室内機が建物へ熱を供給しない空調OFFの場合の室温変化を反映した出湯温度指令を得るように設計されるものであり、暖房制御部は、空調ONの場合は、室温の設定温度と室温情報と第1ゲインとを用いて出湯温度指令を更新し、空調OFFの場合は、設定温度と室温情報と第2ゲインとを用いて出湯温度指令を更新する。

明 細 書

発明の名称： 温水暖房システム、制御装置および制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、建物内の暖房を行う温水暖房システム、該温水暖房システムの制御装置および制御方法に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、ヒートポンプを用いた熱源機で生じた熱により加熱した温水を循環して暖房を行う温水暖房システムが知られている。また、温水暖房システムの制御において、省エネなどの理由から、室温などに応じて熱源機の停止および駆動を繰り返すことが知られている。具体的には、設定温度が室温より低い場合、または必要な熱量が熱源機を運転した際の最低値を下回るような空調負荷が低い場合には、熱源機を停止する。そして、熱源機の停止後、時間の経過とともに外気の影響などで室温が下がり、室温が設定温度よりも低くなった場合などには、熱源機の運転を再開する。例えば、特許文献1には、往路側の温水温度を検出し、事前に設定された目標温度に応じてフィードバック制御を行う温水暖房装置が記載されている。特許文献1の温水暖房装置では、往路側の温水温度が所定の消火温度まで上昇した場合は、熱源機の運転が停止され、往路側の温水温度が目標温度よりも低い所定の再点火温度まで低下した場合は、熱源機の運転が再開される。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2013-217604号公報（請求項1参照）

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ラジエータまたは床暖房などの温水暖房装置における出湯温度を設定温度と一致するように制御する際、必要熱量が熱源機の最低発熱量以下となった場合には熱源機の運転を停止する必要がある、出湯温度が設定温度を下回っ

た場合には、熱源機の運転を再開する必要がある。ここで、従来の温水暖房装置では、熱源機の運転を再開する際には、実際の建物の熱特性が考慮されていない予め設定された熱供給指令によって、熱源機が制御される。この場合、予め設定された熱供給指令が、建物に本来必要な熱量よりも過大であると、出湯温度が上限値を超えて再度停止することがあり、短時間で運転と停止が繰り返されることがある。その結果、アクチュエータの耐久性の低下と省エネ性が損なわれる可能性がある。また、予め設定された熱供給指令が、本来必要な熱量よりも少ない場合には、出湯温度が十分に上昇しないため、室温が上昇しにくくなり、快適性が損なわれてしまう。

[0005] また、省エネのために不在時または夜間に暖房の設定温度を下げ、熱源機による熱供給を停止させることがあるが、室温が設定温度より下がった場合、帰宅時または朝方に暖房の設定温度を上げる等して、熱源機が熱供給を再開する。このとき、予め設定された所定の温度の出湯温度指令にて熱供給が再開されると、熱供給の停止直前までに暖房制御によって調整されてきた出湯温度指令情報が生かせず、一からフィードバック制御を仕切り直すことになる。その結果、暖房制御が不連続となり、室温を安定させるために要する時間が長くなってしまう。特に高気密／高断熱の家において、室温が設定温度に下がりきる前に設定温度が上昇した場合には、暖房制御の不連続性により、室温が設定温度に達するまでに時間がかかり、快適性が損なわれてしまう。

[0006] 本発明は、上記のような課題を解決するためになされたもので、快適性を損なうことなく省エネを実現する温水暖房システム、制御装置および制御方法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] 本発明に係る温水暖房システムは、建物の室温情報を検出する室温センサと、温水を生成する熱源機と、熱源機によって生成される温水の熱を放出して建物を暖房する室内機と、熱源機を制御する制御装置と、を備え、熱源機は、冷媒を圧縮する圧縮機と、冷媒と水との熱交換を行う冷媒－水熱交換器

と、温水を冷媒－水熱交換器と室内機の間で循環させる循環ポンプとを有し、制御装置は、建物の熱特性に基づいて第1ゲインおよび第2ゲインを算出する制御ゲイン決定部と、第1ゲインおよび第2ゲインを用いて、冷媒－水熱交換器の水の出口温度の目標値である出湯温度指令を更新する暖房制御部と、室内機が建物へ熱を供給する空調ONの場合に、暖房制御部で更新される出湯温度指令に基づいて熱源機への熱供給指令を行う出湯温度制御部と、を有し、第1ゲインは、空調ONの場合に所望の室温応答となるような出湯温度指令を得るように設計されるものであり、第2ゲインは、室内機が建物へ熱を供給しない空調OFFの場合の室温変化を反映した出湯温度指令を得るように設計されるものであり、暖房制御部は、空調ONの場合は、室温の設定温度と室温情報と第1ゲインとを用いて出湯温度指令を更新し、空調OFFの場合は、設定温度と室温情報と第2ゲインとを用いて出湯温度指令を更新する。

発明の効果

[0008] 本発明の温水暖房システムによれば、空調OFFの場合も、設定温度と室温情報と第2ゲインとを用いて出湯温度指令が更新される。これにより、更新された出湯温度指令に基づいて運転が再開され、空調OFFから空調ONまでの出湯温度を連続的とすることができる。そのため、空調OFF前の状態を引き継ぐことができ、室温快適性を損なわずに省エネ効果を得ることができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本発明の実施の形態1における温水暖房システムの概略構成図である。
[図2]本発明の実施の形態1における温水循環回路の概略構成図である。
[図3]本発明の実施の形態1における制御装置の機能ブロック図である。
[図4]本発明の実施の形態1における暖房制御部、出湯温度制御部、システム同定部および制御ゲイン決定部による暖房制御の流れを示す図である。
[図5]本発明の実施の形態1におけるシステム同定処理の流れを示すフローチャートである。

[図6]本発明の実施の形態1のシステム同定部におけるサンプリングの例を示す図である。

[図7]本発明の実施の形態1における暖房制御部のブロック線図である。

[図8]本発明の実施の形態1における暖房制御処理の流れを示すフローチャートである。

[図9]本発明の実施の形態1における温水暖房システムのシミュレーション結果の一例を示す図である。

[図10]本発明の実施の形態2における暖房制御部、出湯温度制御部、システム同定部および制御ゲイン決定部による暖房制御の流れを示す図である。

[図11]本発明の実施の形態2における暖房制御部のブロック線図である。

[図12] (a) は制御対象となる熱回路網モデルであり、(b) は室内機からの供給熱量がある場合の熱回路網モデルであり、(c) は室内機からの供給熱量がない場合の熱回路網モデルである。

[図13]本発明の実施の形態3における温水循環回路の概略構成図である。

[図14]本発明の実施の形態3における制御装置の機能ブロック図である。

[図15]本発明の実施の形態3における暖房制御部、出湯温度制御部、システム同定部および制御ゲイン決定部による暖房制御の流れを示す図である。

[図16]本発明の実施の形態3におけるゲイン選択信号の決定例である。

[図17]本発明の実施の形態3におけるシステム同定処理の流れを示すフローチャートである。

[図18]本発明の実施の形態3における暖房制御処理（空調OFF時）の流れを示すフローチャートである。

[図19]本発明の実施の形態3における戻り温度情報を用いた暖房制御部、出湯温度制御部、システム同定部および制御ゲイン決定部による暖房制御の流れを示す図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下に、本発明における温水暖房システムの実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。

実施の形態 1.

図 1 は、本発明の実施の形態 1 における温水暖房システム 100 の概略構成図である。温水暖房システム 100 は暖房対象の建物である家 1 の室温を測定する室温センサ 2 と、暖房に使用される温水を生成する熱源機 3 と、室温センサ 2 により検知された室温が設定温度と一致するように熱源機 3 に熱供給指令を与える制御装置 4 と、熱源機 3 から供給される温水の熱を室内に放出して暖房する室内機 5 とから構成される。

[0011] 図 2 は、本実施の形態における温水循環回路の概略構成図である。温水循環回路は、ヒートポンプサイクルを有する熱源機 3 と、室内機 5 に設けられる室内熱交換器 51 とが接続されて構成される。図 2 に示すように、熱源機 3 は、圧縮機 31 と、室外熱交換器 32 と、ファン 33 と、冷媒流量調整装置 34 と、冷媒-水熱交換器 35 と、循環ポンプ 36 とを備える。さらに、熱源機 3 は、熱源機 3 の各部を制御する熱源機制御部 37 を備える。

[0012] 図 2 に示すように、圧縮機 31 と、室外熱交換器 32 と、冷媒流量調整装置 34 と、冷媒-水熱交換器 35 とは、熱源側流路 30 によって直列に接続される。熱源側流路 30 内には、熱を搬送するための冷媒が循環される。また、冷媒-水熱交換器 35 と、室内熱交換器 51 と、循環ポンプ 36 とは、利用側流路 50 によって直列に接続される。利用側流路 50 内には、熱を搬送するための熱媒体として、水が循環される。圧縮機 31 は、吸入側から吸入された冷媒を圧縮し、高温高圧のガス冷媒として吐出側から吐出する。室外熱交換器 32 は、暖房運転時には冷媒の蒸発器として機能し、室外空気と冷媒との熱交換を行い、室外空気から熱を吸熱する。ファン 33 は、室外熱交換器 32 に送風し、室外熱交換器 32 における吸熱を調整する。冷媒流量調整装置 34 は、例えば電子膨張弁であり、冷媒-水熱交換器 35 を流れる冷媒の流量を調整する。

[0013] 冷媒-水熱交換器 35 は、暖房運転時には冷媒の凝縮器として機能し、熱源側流路 30 を循環する冷媒と、利用側流路 50 を循環する水との熱交換を行う。これにより、互いに独立する熱源側流路 30 と利用側流路 50 の流路

が熱的に接続される。なお、利用側流路50内を循環させる熱媒体として、水の替りに不凍液または水と不凍液の混合液等を用いてもよい。循環ポンプ36は、冷媒-水熱交換器35を介して温められた温水の流量を調整する。利用側流路50を循環する温水は、室内熱交換器51によって熱を放出し再び冷媒-水熱交換器35を介して温められる。

[0014] また、熱源機3は、利用側流路50において、冷媒-水熱交換器35の出口側に設けられ、出湯温度を検知する出湯温度センサ21と、冷媒-水熱交換器35の入口側に設けられ、室内熱交換器51を通過して循環してきた水の戻り温度を検知する戻り温度センサ22と、利用側流路50を循環する水の流量を検知する流量センサ23とを備える。これらのセンサによって検知された情報は、熱源機制御部37にアナログ通信またはデジタル通信により送信される。熱源機制御部37は、制御装置4からの熱供給指令および各センサからの情報に基づいて、圧縮機31の運転容量、ファン33の風量、冷媒流量調整装置34の開度、循環ポンプ36の流量などを制御する。

[0015] 図3は、本実施の形態における制御装置4の機能ブロック図である。図3に示すように、制御装置4は、室温センサ2、熱源機3および室内機5と情報をやり取りする入出力部41と、各種情報およびプログラムを記憶する記憶部42と、各部の制御を行う制御部43とを備える。

[0016] 入出力部41は、デジタル入力部411と、AD変換部412と、シリアル通信部413と、表示部414と、を有する。デジタル入力部411は、室内機5または熱源機3の運転情報、制御装置4のスイッチ情報、または図示しないフロースイッチなどをデジタル信号で受信する。AD変換部412は、室温センサ2、出湯温度センサ21、戻り温度センサ22からのアナログ情報をデジタル情報に変換する。シリアル通信部413は、室内機5または熱源機3と、シリアル通信で各種設定情報または各センサ情報をやり取りするためのインターフェースである。また、シリアル通信部413は、室内機5のリモコン（図示しない）などから無線通信で室温情報を受信してもよい。表示部414は、設定温度、現在の室温、または出湯温度など

の情報を液晶画面に表示する。

- [0017] 記憶部42は、不揮発性メモリなどで構成される。記憶部42には、システム同定完了前の初期制御ゲインなどの初期設定値、入出力部41からの各種センサ情報、システム同定部433で算出された家1の熱特性、制御ゲイン決定部434で設計された制御ゲイン、熱源機3への熱供給指令データ、および入出力部41を介して入力される入力データなどが記憶される。
- [0018] 制御部43は、マイクロコンピュータまたはDSP (Digital Signal Processor) などで構成される。制御部43は、暖房制御部431と、出湯温度制御部432と、システム同定部433と、制御ゲイン決定部434と、モード判定部435と、出力データ処理部436と、を有する。上記各部は、ソフトウェアで実現される機能部として制御部43が備えるCPU (図示せず) によって、記憶部42などの記録媒体に記憶されるプログラムを実行することで実現される。または、上記各部は、ASIC (Application Specific IC)、FPGA (Field Programmable Gate Array) またはPLD (Programmable Logic Device) などの電子回路で実現されてもよい。
- [0019] 図4は、本実施の形態における暖房制御部431、出湯温度制御部432、システム同定部433、および制御ゲイン決定部434による暖房制御の流れを示す図である。図4に示すように、システム同定部433は、家1の室温センサ2から取得した室温情報と暖房制御部431からの出湯温度指令から、家1の熱特性を算出し、制御ゲイン決定部434に出力する。制御ゲイン決定部434は、システム同定部433によって算出された家1の熱特性に基づいて、暖房制御部431における複数の制御ゲインを算出する。暖房制御部431は、室温情報などに基づいてゲイン選択信号を生成し、制御ゲイン決定部434に出力する。制御ゲイン決定部434は、ゲイン選択信号に応じて制御ゲインを決定し、暖房制御部431に出力する。
- [0020] 暖房制御部431は、制御ゲイン決定部434で算出された制御ゲインと、設定温度と、室温センサ2から取得した室温情報とから出湯温度指令を生成し、出湯温度制御部432に出力する。出湯温度指令は、冷媒-水熱交換

器 3 5 の出口側における利用側流路 5 0 を流れる水の温度（出湯温度）の目標値である。出湯温度制御部 4 3 2 は、暖房制御部 4 3 1 から取得した出湯温度指令と熱源機 3 の出湯温度センサ 2 1 で取得した出湯温度情報とから熱源機 3 への熱供給指令を生成する。熱供給指令は、熱源機 3 における制御目標値である。熱源機 3 の熱源機制御部 3 7 は、出湯温度制御部 4 3 2 からの熱供給指令に応じて、圧縮機 3 1 の運転容量などを制御し、家 1 への熱供給を実施する。

[0021] 図 3 に戻って、モード判定部 4 3 5 は、入出力部 4 1 からの入力データに従い、暖房または給湯などのモードの判定を行う。また、出力データ処理部 4 3 6 は、入出力部 4 1 用の出力データを処理する。

[0022] 次に、システム同定部 4 3 3 による家 1 の熱特性の算出について説明する。家 1 の熱特性を一次遅れ系の伝達関数と仮定すると、熱量から室温までの伝達関数は下記の式（1）で表される。

[数1]

$$y = x = \frac{K_r}{\tau_r s + 1} u \quad \dots (1)$$

[0023] ここで、 s はラプラス演算子、 y は出力、 x は状態変数、 K_r は家 1 の熱特性の比例係数、 τ_r は家 1 の熱特性の時定数、 u は操作量である。式（1）を下記の式（2）の後退差分で離散化すると下記の式（3）が得られる。

[0024] [数2]

$$s = \frac{z-1}{T_s z} \quad \dots (2)$$

[0025] [数3]

$$x[k] = \frac{\tau_r}{\tau_r + T_s} x[k-1] + \frac{K_r T_s}{\tau_r + T_s} u[k-1] \quad \dots (3)$$

[0026] ここで、 T_s はサンプリング周期、 z は進み要素、 $x[k]$ は離散化された状態変数、 $x[k-1]$ は 1 サンプル前の離散化された状態変数、 $u[k-1]$ は 1 サンプル前の操作量である。式（3）を変形すると下記の式（4

) となる。

[0027] [数4]

$$T_s x[k] = -(x[k] - x[k-1])\tau_r + T_s u[k-1]K_r \quad \dots (4)$$

[0028] 式(4)は、ある一点のデータであり、システム同定部433は、複数点の状態変数 x および操作量 u を取得し、家1の熱特性の比例係数 K_r 、および家1の熱特性の時定数 τ_r を算出する。例えば、状態変数 x および操作量 u を4点とった場合は、下記の式(5)のようになり、時系列データで左辺ベクトルを α 、右辺行列を β 、右辺ベクトルを γ とすると、式(6)から疑似逆行列を用いた最小二乗法により、家1の熱特性の比例係数 K_r と家1の熱特性の時定数 τ_r が求まる。

[0029] [数5]

$$\begin{pmatrix} T_s x_1[k] \\ T_s x_2[k] \\ T_s x_3[k] \\ T_s x_4[k] \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -(x_1[k] - x_1[k-1]) & T_s u_1[k-1] \\ -(x_2[k] - x_2[k-1]) & T_s u_2[k-1] \\ -(x_3[k] - x_3[k-1]) & T_s u_3[k-1] \\ -(x_4[k] - x_4[k-1]) & T_s u_4[k-1] \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \tau_r \\ K_r \end{pmatrix} \quad \dots (5)$$

[0030] [数6]

$$\gamma = (\beta^T \beta)^{-1} \beta^T \alpha \quad \dots (6)$$

[0031] ここで式(5)の離散化された状態変数 $x[k]$ 、1サンプル前の離散化された状態変数 $x[k-1]$ 、および操作量 $u[k-1]$ の添え字は、データナンバーである。状態変数 x または操作量 u の分解能が高い場合には、データ点数が多い程、システム同定の精度は向上する。しかしながら、制御装置4に用いられるマイコンまたは、マイコンを搭載した制御基板に搭載されたAD変換器の精度または分解能が低い場合、例えば状態変数 x に相当する室温の検出分解能が0.1℃程度の場合、独立した式(4)のデータ群が得られないことがある。この場合は、式(5)で固定としていたサンプリング周期 T_s を、状態変数が増加するまでの時間である変化サンプリング周期 $T_{s,n}$

(n はデータナンバー)に置き換えるとともに、操作量 u を積算値 u_{n_sum} (n はデータナンバー)に置き換え、変化判定用のサンプリング周期 T_s を 10 秒程度以下とする。これにより、検出分解能の粗さを補うことができる。また、 $x_n[k] - x_n[k-1]$ の値も予め設定しておくことで、制御装置 4 に安価なマイコンを搭載した場合でも、暖房制御しながら家 1 の熱特性を計算することができる。この場合、式 (5) は式 (7) となる。

[0032] [数7]

$$\begin{pmatrix} T_{s1}x_1[k] \\ T_{s2}x_2[k] \\ T_{s3}x_3[k] \\ T_{s4}x_4[k] \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -(x_1[k]-x_1[k-1]) & T_{s1}u_{1_sum} \\ -(x_2[k]-x_2[k-1]) & T_{s2}u_{2_sum} \\ -(x_3[k]-x_3[k-1]) & T_{s3}u_{3_sum} \\ -(x_4[k]-x_4[k-1]) & T_{s4}u_{4_sum} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \tau_r \\ K_r \end{pmatrix} \dots (7)$$

[0033] また、室温センサ 2 からの室温情報を有線ではなく、リモコンなどの無線機器から無線通信で受信する場合には、電池寿命の問題から無線通信の周期が長くなる。この場合は、室温情報とともに、経過時間に関する情報を受信することで、無線通信の周期が 10 秒以上であったとしても、制御装置 4 にて室温の変化を判定することができ、システム同定の精度を向上させることができる。

[0034] 図 5 は、本実施の形態のシステム同定処理の流れを示すフローチャートである。図 5 は、 $x_n[k] - x_n[k-1]$ の値を 0.5 とし、4 点の時系列データに基づいて家 1 の熱特性を算出する場合の例である。なお、 $x_n[k] - x_n[k-1]$ の値、および時系列データの数については、これに限定されるものではない。図 5 に示すように、本処理では、まず、システム同定開始時の状態変数 x 、操作量 u が初回データとして取得され、記憶部 42 に保存される (S1)。そして、記憶部 42 に記憶される初期制御ゲインを用いて暖房制御部 431 による暖房制御が行われる (S2)。この初期制御ゲインは試験設備のデータを基に予め設定してもよいし、個々の家 1 の断熱性または熱容量などの建築データが得られる場合には、その値を参考に予め設定してもよい。本実施の形態では初期制御ゲインでの暖房制御を行いながらシス

テム同定部433によるシステム同定が行われる。

[0035] 次に、4点のデータが取得されたか否かが判断される(S3)。ここでいうデータは、家1の熱特性を算出するために用いられる状態変数 x_n 、操作量 u の積算値 u_{n_sum} 、および変化サンプリング周期 T_{s_n} である。そして、4点のデータが取得されていない場合(S3:NO)、前回保存した室温から室温が0.5℃以上上昇しているか否かが判断される(S4)。そして、前回保存した室温から室温が0.5℃以上上昇していない場合(S4:NO)、サンプルカウント cnt に1が加算され(S5)、操作量 u の積算が行われる(S6)。そして、ステップS2に戻り、以降の処理が繰り返される。

[0036] 一方、前回保存した室温から室温が0.5℃以上上昇している場合(S4:YES)、状態変数 x_n と、操作量 u の積算値 u_{n_sum} と、変化サンプリング周期 T_{s_n} とが保存される(S7)。状態変数 x_n は、室温センサ2によって検知される室温であり、操作量 u の積算値 u_{n_sum} は、暖房制御部431によって生成される出湯温度指令の積算値である。ここでは、暖房制御部431は、設定温度と、室温と、初期制御ゲインとを用いて出湯温度指令を生成する。また、変化サンプリング周期 T_{s_n} は、サンプルカウント cnt とサンプリング周期 T_s を用いて、下記の式(8)から求められる。

[0037] [数8]

$$T_{s_n} = T_s * cnt \quad \dots (8)$$

[0038] その後、サンプルカウント cnt がリセットされ(S8)、ステップS2に戻って以降の処理が繰り返される。そして、システム同定開始時の初回データとは異なる4点のデータが取得された場合(S3:YES)、取得されたデータに基づいて、家1の熱特性の時定数 τ_r と比例係数 K_r が算出される(S9)。

[0039] 図6は、本実施の形態のシステム同定部433におけるサンプリングの例を示す図である。図6は、状態変数 x を室温、操作量 u を出湯温度指令とした場合のサンプリング例を示す。 P_0 は、システム同定開始時の室温であり、

この室温を基準に室温が0.5℃上昇した室温を P_1 とする。この場合の変化サンプリング時間 T_{s1} 、出湯温度指令の積算値 u_{1_sum} は、図6のように表される。また、 P_1 は、 $x_2[k-1]$ 、 $x_1[k]$ の室温に相当する。室温 P_1 からさらに0.5℃上昇した室温を P_2 とすると、 P_1 から P_2 に変化するまでの変化サンプリング時間 T_{s2} と出湯温度指令の積算値 u_{2_sum} は、図6のように表される。 P_3 および P_4 においても同様である。なお、本実施の形態では操作量 u を暖房制御部431における出湯温度指令としたが、出湯温度センサ21で検知される出湯温度としてもよい。ただし、出湯温度を用いる場合には、出湯温度情報のノイズ対策が必要である。また、出湯温度を用いる場合には、出湯温度制御部432の制御系の応答が考慮されなくなるため、出湯温度指令を操作量 u として用いることが望ましい。

[0040] 次に、制御ゲイン決定部434における制御ゲインの決定について説明する。以下では、暖房制御部431が、PI制御器（図示せず）を有し、室温と設定温度とに基づいてPI制御を行うこととし、その設計を極零相殺とした場合について説明する。制御ゲイン決定部434は、システム同定部433によって算出された家1の熱特性の比例係数 K_r および家1の熱特性の時定数 τ_r に基づいて、暖房制御部431のPI制御における制御ゲインを算出する。また、制御ゲイン決定部434は、熱源機3の圧縮機31が動作している場合における圧縮機ON用ゲインと、圧縮機31が停止している場合における圧縮機OFF用ゲインと、をそれぞれ算出する。なお、圧縮機ON用ゲインが本発明の「第1ゲイン」に相当し、圧縮機OFF用ゲインが本発明の「第2ゲイン」に相当する。

[0041] 具体的には、連続系で設計された暖房制御部431のPI制御器は下記の式(9)で表される。ここで、 τ_c はPI制御器の設計時定数であり、 s はラプラス演算子である。

[0042] [数9]

$$\frac{\tau_r s + 1}{\tau_c K_r s} \dots (9)$$

[0043] また、比例ゲイン K_p 、積分ゲイン K_i 、ラプラス演算子 s を用いると、P I制御器は下記の式(10)で表される。

[0044] [数10]

$$K_p + K_i \frac{1}{s} \quad \dots (10)$$

[0045] また、圧縮機31が動作している場合のP I制御器ゲインの設計時定数を τ_{c_ON} とすると、圧縮機ON用ゲインである比例ゲイン K_{p_ON} および積分ゲイン K_{i_ON} は、下記の式(11)および式(12)で求められる。

[0046] [数11]

$$K_{p_ON} = \frac{\tau_r}{\tau_{c_ON} K_r} \quad \dots (11)$$

[0047] [数12]

$$K_{i_ON} = \frac{1}{\tau_{c_ON} K_r} \quad \dots (12)$$

[0048] また、圧縮機31が停止している場合のP I制御器ゲインの設計時定数を τ_{c_OFF} とすると、圧縮機OFF用ゲインである比例ゲイン K_{p_OFF} および積分ゲイン K_{i_OFF} は、それぞれ下記の式(13)および式(14)で求められる。

[0049] [数13]

$$K_{p_OFF} = \frac{\tau_r}{\tau_{c_OFF} K_r} \quad \dots (13)$$

[0050] [数14]

$$K_{i_OFF} = \frac{1}{\tau_{c_OFF} K_r} \quad \dots (14)$$

[0051] ここで、圧縮機31が動作している場合のP I制御器ゲインの設計時定数 τ_{c_ON} は、利用側流路50を流れる温水の総量と流量で決まるむだ時間によるが、むだ時間は長くても10分程度である。そのため、室温がオーバーシ

ユートしないように設計時定数 τ_{c_ON} を設定する場合には、 τ_{c_ON} をむだ時間の2.6倍以上とすればよい。例えば、むだ時間を10分とすると、 τ_{c_ON} は、約1600秒となる。また、むだ時間は、図6の場合には出湯温度指令が上昇した時間から室温が上昇し始める時間を計ることで求まる。また、圧縮機31が停止している場合のPI制御器ゲインの設計時定数 τ_{c_OFF} は、家1の熱特性の時定数 τ_r とする。なお、家1の設計時の断熱性および室内機5のカタログデータから、家の熱特性の時定数 τ_r と比例係数 K_r が予想できる場合は、予想した値を用いて制御ゲインを設計してもよい。制御ゲイン決定部434は、以上のように算出した圧縮機ON用ゲインと圧縮機OFF用ゲインのどちらかを、暖房制御部431のゲイン選択信号に基づいて決定し、暖房制御部431へ出力する。

[0052] 次に、暖房制御部431の暖房制御について説明する。暖房制御部431は、室温センサ2からの室温情報などから、圧縮機ON用ゲインと圧縮機OFF用ゲインの何れを使用するかを決定する。例えば、設定温度と室温との偏差が0以上、出湯温度指令が下限値より大きい、熱量相当値が熱源機3の最低発熱量より大きい、の何れかまたは複数が成立した場合、圧縮機ON用ゲインを選択する。一方、設定温度と室温の偏差が0より小さい、出湯温度指令が下限値となった場合、熱量相当値が0より小さい、の何れかまたは複数成立した場合に、圧縮機OFF用ゲインを選択する。そして、この結果をゲイン選択信号として生成し、制御ゲイン決定部434に出力する。

[0053] また、暖房制御部431は、制御ゲイン決定部434にて決定された圧縮機ON用ゲインまたは圧縮機OFF用ゲインに基づいて、出湯温度指令を更新する。図7は本実施の形態における暖房制御部431のブロック線図である。暖房制御部431は、設定温度から室温センサ2で検知される室温情報を差し引いた室温偏差に基づいて、制御周期 T_c 毎に制御演算を行い、出湯温度指令を更新する。制御周期 T_c はサンプリング周期 T_s と同値であるか、サンプリング周期 T_s の整数倍である。

[0054] 比例ゲイン K_p には制御ゲイン決定部434で算出された比例ゲイン K_{p_ON}

または K_p_OFF が入力され、積分ゲイン K_i には積分ゲイン K_i_ON または K_i_OFF が入力される。また、暖房制御部431は、演算結果の出湯温度指令が上下限リミッタ内に入っているかを判定し、リミッタ処理前の出湯温度指令とリミッタ処理後の出湯温度指令の差と比例ゲイン K_p の逆数を用いたアンチリセットウィンドアップ処理を行う。この処理により、出湯温度指令が上下限值に達した場合でも出湯温度指令が上下限值に張り付かず、速やかに変化し、室温のオーバーシュートを抑制することで省エネ効果が得られる。

[0055] 図8は、本実施の形態における暖房制御処理の流れを示すフローチャートである。本処理では、まず、制御ゲイン決定部434にて、システム同定部433で得られた家1の熱特性の時定数 τ_r と、家1の熱特性の比例係数 K_r を用いて、圧縮機ON用ゲインと、圧縮機OFF用ゲインとが算出される(S21)。そして、暖房制御部431からゲイン選択信号が取得され(S22)、取得したゲイン選択信号に基づいて、圧縮機ON用ゲインを選択するか否かが判断される(S23)。

[0056] ここで、圧縮機ON用ゲインを選択する場合(S23: YES)、圧縮機ON用ゲインが暖房制御部431に出力される。そして、暖房制御部431によって、圧縮機ON用ゲインを用いて暖房制御演算が行われ、出湯温度指令が更新される(S24)。その後、更新された出湯温度指令が出湯温度制御部432へ出力される(S25)。また、圧縮機ON用ゲインを選択しない場合(S23: NO)、すなわち圧縮機OFF用ゲインを選択する場合、圧縮機OFF用ゲインが暖房制御部431に出力される。そして、暖房制御部431によって、圧縮機OFF用ゲインを用いた暖房制御演算が行われ、出湯温度指令が更新される(S26)。この場合は、圧縮機31が停止しているため、出湯温度制御部432への出湯温度指令の出力は行われず、暖房制御部431内の出湯温度指令のみが更新される。そして、室温情報などに応じて暖房制御部431から制御ゲイン決定部434にゲイン選択信号が出力され、ステップS22からステップS26までの処理が繰り返される。

[0057] 次に、出湯温度制御部432の熱供給指令の生成について説明する。出湯

温度制御部432は、暖房制御部431からの出湯温度指令と出湯温度センサ21からの出湯温度情報を一致させるためのPI制御を行って、熱源機3への熱供給指令を生成する。PI制御の式は式(10)と同様である。出湯温度制御部432の制御ゲインは、式(5)の状態変数 x を出湯温度情報、操作量 u を熱供給指令としてシステム同定を行って算出される。

[0058] 図9は、本実施の形態の温水暖房システム100におけるシミュレーション結果の一例を示す図である。図9(a)は出湯温度指令の推移を示し、図9(b)はゲイン選択信号を示し、図9(c)は室温の推移を示す。シミュレーション条件として、在宅時(16時間)の設定温度を22℃、不在時(8時間)の設定温度を20℃とする。また、家1の熱特性の時定数 τ_r は20000秒(約5.6時間)、家1の熱特性の比例係数 K_r は0.6、圧縮機ON時の時定数 τ_{c_ON} は3600秒とする。図9(a)において、実線は本実施の形態の温水暖房システム100における出湯温度指令を示し、破線は従来技術における出湯温度指令を示す。また、図9(c)において、実線は本実施の形態の温水暖房システム100を用いた場合の室温を示し、破線は従来技術の温水暖房システムを用いた場合における室温を示し、一点鎖線は温水暖房システムにおける設定温度を示す。

[0059] 図9(a)に示すように、本実施の形態では、不在時に設定温度が20℃に変更された場合、ゲイン選択信号がOFF(圧縮機OFF)となり、暖房制御部431における制御ゲインが圧縮機OFF用ゲインに変更される。これにより、暖房制御部431における時定数が家1の熱特性の時定数 τ_r となり、設定温度を20℃から22℃に上げた時の出湯温度指令の値が設定温度20℃の室温応答を反映した値(約33℃)となる。その結果、設定温度22℃への室温応答が設計応答通りとなる。これに対し、従来技術では、圧縮機31が停止した場合の出湯制御指令値として、予め設定された所定温度(25℃)が用いられるため、室温応答が設計よりも遅くなってしまう。このように、本実施の形態では、設定温度の下げ指令から上げ指令の設定時間に対して、家1の熱特性の時定数が長い、いわゆる高断熱/高气密性の住宅に

において、特に設定温度追従性の改善効果が得られる。

[0060] 以上のように、本実施の形態によれば、圧縮機31の停止時にも、圧縮機OFF用ゲインを用いて出湯温度指令を更新することで、圧縮機31の動作を再開する際に、適切な出湯温度指令で制御を開始することができる。また、圧縮機31の動作再開時の出湯温度が停止前の出湯温度から連続的なものになり、圧縮機31の停止前の状態を引き継ぐことが可能となるため、室温快適性を損なわずに省エネ効果を得ることができる。また、システム同定部433にて、実際の家1の熱特性を算出することにより、使用する温水温度帯が異なる床暖房、ラジエータ、ファンコイルユニット等の室内機5と、家1の熱特性が異なる木造、コンクリート造、レンガ造等の家1が組み合わせられた場合でも室温を快適に制御することができる。

[0061] また、システム同定部433において、家1の熱特性の比例係数 K_r および時定数 τ_r を算出し、制御ゲイン決定部434は、家1の熱特性の時定数 τ_r を暖房制御部431における設計時定数として、圧縮機OFF用ゲインを算出することで、出湯温度指令が家1の自然放熱特性に合わせて低下していくことになる。これにより、圧縮機31の動作再開時の出湯温度が室温変化状況を反映したものとなり、室温制御特性を改善することができる。

[0062] また、システム同定部433において、暖房制御部431が、設定温度と、室温情報と、初期制御ゲインとを用いて生成した出湯温度指令を入力変数とし、家1の室温情報を出力変数として、家1の熱特性を算出することで、出湯温度制御系の遅れを含めた家1の熱特性を算出することができ、システム同定の精度が向上する。その結果、暖房制御の快適性が向上し、室温のオーバーシュートが生じにくくなるため、省エネ性の改善を図ることができる。

[0063] また、システム同定部433において、サンプリング周期が異なる複数の時系列データに基づいて、家1の熱特性を算出することで、変化するまでの時間を時系列データに含めることができ、室温の測定分解能が粗い場合でも時間データによりその粗さを補うことができる。その結果、システム同定の

精度を向上させることができる。

[0064] さらに、出湯温度制御部432を備えることにより、熱源機3からの熱供給変動を出湯温度制御系で抑制し、上位の暖房制御系への影響を小さくすることができる。

[0065] 実施の形態2.

次に、本発明の実施の形態2について説明する。上記実施の形態1では、暖房制御部431からの出湯温度指令を入力変数とし、室温センサ2からの室温情報を出力変数としてシステム同定を行うのに対し、実施の形態2では、暖房制御部431からの出湯温度指令および戻り温度センサ22からの戻り温度情報を入力変数とする点において、実施の形態1と相違する。温水暖房システム100および各装置のその他の構成については、実施の形態1と同様であり、同一の符号を付する。

[0066] 図10は、本実施の形態における暖房制御部431、出湯温度制御部432、システム同定部433、および制御ゲイン決定部434による暖房制御の流れを示す図である。図10に示すように、システム同定部433は、家1の室温センサ2から取得した室温情報と、暖房制御部431からの出湯温度指令と、戻り温度センサ22からの戻り温度情報とから、家1の熱特性を算出し、制御ゲイン決定部434に出力する。具体的には、システム同定部433は、出湯温度指令と戻り温度の差を操作量 u として、家1の熱特性の時定数 τ_r と比例係数 K_r とを算出する。

[0067] 制御ゲイン決定部434は、システム同定部433によって算出された家1の熱特性の時定数 τ_r と比例係数 K_r とに基づいて、暖房制御部431における圧縮機ON用ゲインと圧縮機OFF用ゲインを算出し、ゲイン選択信号に応じて暖房制御部431に出力する。暖房制御部431は、制御ゲイン決定部434で算出された制御ゲインと、設定温度と、室温センサ2から取得した室温情報とから出湯温度指令を生成し、出湯温度制御部432に出力する。

[0068] 図11は本実施の形態における暖房制御部431のブロック線図である。

本実施の形態では、式（10）のPI制御演算の出力は、出湯温度指令と戻り温度指令の差となっている。これを出湯温度指令に変換するため、図11に示すように、PI制御器の出力に戻り温度センサ22からの戻り温度情報を加算した値をリミッタ前出湯温度指令とする。

[0069] 以上のように、本実施の形態によれば、システム同定部433において、暖房制御部431が、設定温度と、室温情報と、初期制御ゲインとを用いて生成した出湯温度指令および戻り温度を入力変数とし、家1の室温情報を出力変数とすることで、出湯温度制御系の遅れと室内熱交換器51の放熱状況を含めた家1の熱特性を算出することができ、システム同定の精度が向上し、暖房制御の室温追従性が改善される。これにより、快適性が向上するとともに、室温追従性の改善により室温のオーバーシュートが生じにくくなるため、省エネ性の改善も実現することができる。

[0070] 実施の形態3.

次に、本発明の実施の形態3について説明する。上記実施の形態1および2では、家1の熱特性を式（1）のように単入力単出力系のモデルとするのに対し、本実施の形態では、家1の熱特性を多入力単出力系のモデルとする点において、実施の形態1および2と相違する。また、実施の形態1および2では、圧縮機31のON/OFFに応じて暖房制御部431のPI制御器における制御ゲインの選択を行っていたが、本実施の形態では、圧縮機31のON/OFFに加え、室内機5に温水を循環させる循環ポンプ36のON/OFFも考慮する点において相違する。なお、実施の形態1と同様の構成については、実施の形態1と同一の符号を付す。

[0071] 図12は、本実施の形態における熱回路網モデルである。図12(a)は、本実施の形態の制御対象となる熱回路網モデルであり、図12(b)は室内機5からの供給熱量がある場合の熱回路網モデルであり、図12(c)は室内機5からの供給熱量がない場合の熱回路網モデルである。上記の実施の形態1および2では、家1の熱特性を式（1）の単入力単出力系モデルとし、室内機5が熱供給している間にシステム同定を行っている。そして、シス

テム同定で得られた結果を用いて、暖房制御部431のPI制御における制御ゲインを式(11)～式(14)で算出している。これに対し本実施の形態では、図12(a)の熱回路網モデルを制御対象としてPI制御における制御ゲイン(空調ON用ゲインおよび空調OFF用ゲイン)を設計する。

[0072] 図12(a)～図12(c)において、 T_o は外気温、 T_z は室温、 Q_{idu} は室内機5の供給熱量、 R_{all} は家1の熱抵抗[K/kW]、 C_{all} は家1の熱容量[kJ/K]をそれぞれ示す。重ね合わせの理を適用し、図12(b)に示す室内機5からの供給熱量がある場合の熱回路網モデルと、図12(c)に示す供給熱量がない場合の熱回路網モデルとを用い、室内機供給熱から室温、外気温から室温までのそれぞれの伝達関数を足し合わせると、図12(a)の熱回路網モデルは下記の式(15)で表される。

[0073] [数15]

$$T_z(s) = \frac{R_{all}}{R_{all}C_{all}s+1}Q_{idu} + \frac{1}{R_{all}C_{all}s+1}T_o \quad \dots (15)$$

[0074] 図13は本実施の形態における温水循環回路の概略構成図である。本実施の形態の温水循環回路は、外気温度センサ500を備える点において図2に示す実施の形態1の温水循環回路と相違する。温水循環回路のその他の構成は、実施の形態1と同様である。なお、図13では、熱源機3に外気温度センサ500が設けられているが、これに限定されるものではなく、制御装置4に外気温度情報を与える構成であればよい。例えば、室温センサ2のように外気温度センサ500を別体で設け、制御装置4の入出力部41に接続してもよい。

[0075] 図14は本実施の形態における制御装置4の機能ブロック図である。本実施の形態では、記憶部42に外気温度情報が記憶される点において、図3に示す実施の形態1の制御装置4と相違する。制御装置4のその他の構成は実施の形態1と同様である。外気温度情報は、熱源機3から制御装置4の入出力部41を介し記憶部42に保存され、制御部43の処理に使用される。なお、外気温度情報は、外気温度センサ500から取得するだけでなく、天気予

報のデータを制御装置4に取り込める形で変換して得るようにしてもよい。

[0076] 図15は本実施の形態における暖房制御部431、出湯温度制御部432、システム同定部433および制御ゲイン決定部434による暖房制御の流れを示す図である。本実施の形態では、熱源機3からシステム同定部433に外気温度情報が供給される点において、図4に示す実施の形態1の暖房制御の流れと相違する。暖房制御の流れにおけるその他の構成は、実施の形態1と同様である。外気温度情報は、システム同定部433においてシステム同定に用いられる。

[0077] 図16は、本実施の形態におけるゲイン選択信号の決定例である。実施の形態1および2では、暖房制御部431は、圧縮機31のON/OFFに基づいてゲイン選択信号を生成していたが、本実施の形態では室内機5に温水を循環させる循環ポンプ36のON/OFFも加えて考慮する。具体的には図16のように循環ポンプ36のON/OFF、すなわち室内機5による熱供給の有無で、空調ON用ゲインまたは空調OFF用ゲインの何れかを選択する。図16の例では、圧縮機31がONでも循環ポンプ36がOFFの場合は、空調OFF用ゲインを選択する。また、圧縮機31がOFFでも循環ポンプ36がONの場合は、空調ON用ゲインを選択する。なお、ゲイン選択信号の決定は、図16の例に限定されるものではなく、例えば、圧縮機31がONで、循環ポンプ36がOFFの場合は、通常は短時間しか起こり得ない状態であるので、空調ON用ゲインを選択してもよい。以降の説明において、室内機5の循環ポンプ36がONの状態では熱供給している場合を「空調ON」、循環ポンプ36がOFFの状態では室内機5が熱供給していない場合（自然放熱のみの状態）を「空調OFF」と称する。また、空調ON用ゲインが本発明の「第1ゲイン」に相当し、空調OFF用ゲインが本発明の「第2ゲイン」に相当する。

[0078] 次に、本実施の形態のシステム同定部433による家1の熱特性の算出について説明する。本実施の形態では、システム同定の対象を式(15)のモデルとし、空調ON時と空調OFF時に分けて、システム同定を行う。式(

15) を、式(1)の家1の熱特性の比例係数 K_r と、家1の熱特性の時定数 τ_r を用いて表現すると下記の式(16)となる。

[0079] [数16]

$$y = x = \frac{K_r}{\tau_r s + 1} Q_{idu} + \frac{1}{\tau_r s + 1} T_o \quad \dots (16)$$

[0080] 空調ON時には、日中の場合は曇りの日、または夜間にシステム同定を行うことによって外気温度変化による影響を抑えてシステム同定を行うことができる。空調ON時のシステム同定処理は、実施の形態1に記載の内容と同様である。

[0081] 空調OFF時には、式(16)の右辺第1項の Q_{idu} が0となるため、外気温度から室温までの伝達関数(右辺第2項)を求めることができる。このとき、右辺第2項の伝達関数の状態変数の初期値を、空調OFF直前の室温とする。この初期値は、離散化方式によって異なるが、室温に比例する値である。

[0082] 図17は本実施の形態におけるシステム同定処理(空調OFF時)の流れを示すフローチャートである。本処理では、まず、システム同定開始時の状態変数 x 、操作量 u が初回データとして取得され、記憶部42に保存される(S31)。そして、記憶部42に記憶される初期制御ゲインを用いて暖房制御部431による暖房制御が行われる(S32)。ここで、空調OFFの場合、暖房制御において、暖房制御部431内部での出湯温度指令が更新され、出湯温度制御部432への出湯温度指令の更新は行わない。

[0083] 次に、4点のデータが取得されたか否かが判断される(S33)。ここでいうデータは、家1の熱特性を算出するために用いられる状態変数 x_n 、操作量 u の積算値 u_{n_sum} 、および変化サンプリング周期 T_{s_n} である。そして、4点のデータが取得されていない場合(S33:NO)、前回保存した室温から室温が0.5℃以上低下しているか否かが判断される(S34)。空調OFF時には室温が低下するためである。そして、前回保存した室温から室温が0.5℃以上低下していない場合(S34:NO)、サンプルカウント

cntに1が加算され（S35）、操作量uの積算が行われる（S36）。そして、ステップS32に戻り、以降の処理が繰り返される。

[0084] 一方、前回保存した室温から室温が0.5℃以上低下している場合（S34：YES）、状態変数 x_n と、操作量uの積算値 u_{n_sum} と、変化サンプリング周期 T_{s_n} とが保存される（S37）。状態変数 x_n は、室温センサ2によって検知される室温であり、操作量uの積算値 u_{n_sum} は、外気温度センサ500によって検知される外気温度である。変化サンプリング周期 T_{s_n} は、上記の式（8）で求められる値である。その後、サンプルカウントcntがリセットされ（S38）、ステップS32に戻って以降の処理が繰り返される。そして、システム同定開始時の初回データとは異なる4点のデータが取得された場合（S33：YES）、取得されたデータに基づいて、家1の熱特性の時定数 τ_r と比例係数 K_r が算出される（S39）。

[0085] そして、空調OFF時のPI制御器の制御ゲインである空調OFF用ゲインが式（17）および式（18）で求められる。設計時定数 τ_c は実施の形態1および2と同様に家1の熱特性の時定数 τ_r とする。

[0086] [数17]

$$K_{p_OFF} = \frac{\tau_r}{\tau_{c_OFF}} = 1 \quad \dots (17)$$

[0087] [数18]

$$K_{i_OFF} = \frac{1}{\tau_{c_OFF}} = \frac{1}{\tau_r} \quad \dots (18)$$

[0088] 図18は本実施の形態における暖房制御処理の流れを示すフローチャートである。本処理では、まず、制御ゲイン決定部434にて、システム同定部433で得られた家1の熱特性の時定数 τ_r と、家1の熱特性の比例係数 K_r を用いて、空調ON用ゲインおよび空調OFF用ゲインが空調ON時と空調OFF時に分けて算出される（S41）。そして、暖房制御部431からゲイン選択信号が取得され（S42）、取得したゲイン選択信号に基づいて、空調ON用ゲインを選択するか否かが判断される（S43）。なお、暖房制

御部431は、圧縮機31のON/OFFだけでなく、循環ポンプ36のON/OFFを考慮して、ゲイン選択信号を生成する。

[0089] ここで、空調ON用ゲインを選択する場合（S43：YES）、空調ON用ゲインが暖房制御部431に出力される。そして、暖房制御部431によって、空調ON用ゲインを用いて暖房制御演算が行われ、出湯温度指令が更新される（S44）。その後、更新された出湯温度指令が出湯温度制御部432へ出力される（S45）。また、空調ON用ゲインを選択しない場合（S43：NO）、すなわち空調OFF用ゲインを選択する場合、空調OFF用ゲインが暖房制御部431に出力される。そして、暖房制御部431によって、空調OFF用ゲインを用いた暖房制御演算が行われ、出湯温度指令が更新される（S46）。この場合は、空調OFFとなっているため、出湯温度制御部432への出湯温度指令の出力は行われず、暖房制御部431内の出湯温度指令のみが更新される。そして、室温情報などに応じて暖房制御部431から制御ゲイン決定部434にゲイン選択信号が出力され、ステップS42からステップS46までの処理が繰り返される。

[0090] 以上のように本実施の形態によれば、熱源機3の熱源側流路30側の運転状況に加え、利用側流路50側の運転状況も反映されるため、より正確にゲイン選択を実施できることができる。また、式（16）で表される外気温度の影響を考慮したモデルを用い、空調ON時と空調OFF時にそれぞれシステム同定を行うことで、PI制御器の制御ゲイン設計がより実使用環境に近い状態で算出される。これにより、空調ON再開時の出湯温度指令が適切に設定され、室温制御性が改善されて快適となる。

[0091] また、図19は本実施の形態において、実施の形態2のように戻り温度情報を用いた場合の暖房制御部431、出湯温度制御部432、システム同定部433および制御ゲイン決定部434による暖房制御の流れを示す図である。本実施の形態では、実施の形態2に対して外気温度情報が追加されており、外気温度情報は、図15のようにシステム同定部433で用いられる。

[0092] 実施の形態4.

次に、本発明の実施の形態4について説明する。本実施の形態では、家1の熱特性を、空調ON時と空調OFF時とで異なるモデルとする点において、実施の形態3と相違する。温水暖房システム100および各装置のその他の構成については実施の形態3と同様であり、同一の符号を付する。

[0093] 本実施の形態のシステム同定部433による家1の熱特性の算出について説明する。システム同定の対象を式(19)とし、本実施の形態でも実施の形態3と同様、空調ON時とOFF時に分けてシステム同定を行う。本実施の形態では、空調ON時と空調OFF時で系の時定数が異なることを想定し、空調OFF時に室温が外気温度に収束しない場合を想定したモデルが用いられる。空調OFF時に室温が外気温度に収束しない原因は、家1の中にある家電製品や証明等の熱があること、および日射の影響がある。また、空調や日射等によって家具、壁、床、天井などが蓄熱し、空調OFF後に室温が下がり始めると室内の空気と熱交換することがある。本実施の形態では、安価なマイコンでこれらを考慮するために、式(19)において、空調による熱供給以外を外気温度に比例するものとし、PI制御器の空調OFF用ゲインおよび空調ON用ゲインの設計用のモデルとしている。

[0094] [数19]

$$y = x = \frac{K_r}{\tau_r s + 1} Q_{idu} + \frac{K_{r_OFF}}{\tau_{r_OFF} s + 1} T_o \quad \dots (19)$$

[0095] ここで K_{r_OFF} は空調OFF時の家1の熱特性の比例係数であり、 τ_{r_OFF} は空調OFF時の家1の熱特性の時定数である。式(19)のモデルを用いてシステム同定した場合の、空調ON時のPI制御ゲインは実施の形態1の式(11)および式(12)を用いて求められる。また、空調OFF時のPI制御ゲインは、空調OFF時の家1の熱特性の比例係数 K_{r_OFF} と、時定数 τ_{r_OFF} と、空調OFF時の制御設計時定数 τ_{c_OFF} とを用いて下記の式(20)および式(21)で求められる。

[0096]

[数20]

$$K_{p_OFF} = \frac{\tau_{r_OFF}}{\tau_{c_OFF} K_{r_OFF}} = \frac{1}{K_{r_OFF}} \cdots (20)$$

[0097] [数21]

$$K_{i_OFF} = \frac{1}{\tau_{c_OFF} K_{r_OFF}} \cdots (21)$$

[0098] 以上のように本実施の形態によれば、空調OFF時に室温が外気温度に収束しない場合であっても、実環境に合わせた制御ゲインを設定することが可能となり、空調ON再開時の出湯温度指令を適切に設定し、室温制御性が改善され快適となる。

[0099] 以上が本発明の実施の形態の説明であるが、本発明は、上記の実施の形態の構成に限定されるものではなく、その技術的思想の範囲内で様々な変形または組み合わせが可能である。例えば、温水暖房システム100は、暖房機能だけでなく、冷房機能などのその他の機能を備えるものであってもよい。また、本発明の温水暖房システム100は、家1だけでなく、ビルなどの様々な建物にも適用することができる。また、室温の測定点は1箇所限定されるものではなく、複数の測定点の平均値または最低値を測定点として建物全体を制御してもよい。

[0100] さらに、システム同定部433は、家1の室温センサ2から取得した室温情報と、暖房制御部431からの出湯温度指令と、戻り温度センサ22からの戻り温度情報と、流量センサ23で検知した流量とから、家1の熱特性を算出してもよい。具体的には、出湯温度情報から戻り温度情報を引き算した戻り温度差に流量を掛け算した熱供給相当値を式(5)または式(5)の操作量 u として、家1の熱特性の時定数 τ_r と比例係数 K_r とを算出する。この場合も、システム同定の精度が向上し、暖房制御の室温追従性が改善される。

符号の説明

[0101] 1 家、2 室温センサ、3 熱源機、4 制御装置、5 室内機、21

出湯温度センサ、22 戻り温度センサ、23 流量センサ、30 熱源側流路、31 圧縮機、32 室外熱交換器、33 ファン、34 冷媒流量調整装置、35 水熱交換器、36 循環ポンプ、37 熱源機制御部、41 入出力部、42 記憶部、43 制御部、50 利用側流路、51 室内熱交換器、100 温水暖房システム、411 デジタル入力部、412 AD変換部、413 シリアル通信部、414 表示部、431 暖房制御部、432 出湯温度制御部、433 システム同定部、434 制御ゲイン決定部、435 モード判定部、436 出力データ処理部、500 外気温度センサ。

請求の範囲

[請求項1]

建物の室温情報を検出する室温センサと、
温水を生成する熱源機と、
前記熱源機によって生成される温水の熱を放出して前記建物を暖房する室内機と、
前記熱源機を制御する制御装置と、
を備え、
前記熱源機は、
冷媒を圧縮する圧縮機と、
前記冷媒と水との熱交換を行う冷媒－水熱交換器と、
前記温水を前記冷媒－水熱交換器と前記室内機の間で循環させる循環ポンプとを有し、
前記制御装置は、
前記建物の熱特性に基づいて第1ゲインおよび第2ゲインを算出する制御ゲイン決定部と、
前記第1ゲインおよび前記第2ゲインを用いて、前記冷媒－水熱交換器の水の出口温度の目標値である出湯温度指令を更新する暖房制御部と、
前記室内機が前記建物へ熱を供給する空調ONの場合に、前記暖房制御部で更新される前記出湯温度指令に基づいて前記熱源機への熱供給指令を行う出湯温度制御部と、
を有し、
前記第1ゲインは、前記空調ONの場合に所望の室温応答となるような前記出湯温度指令を得るように設計されるものであり、
前記第2ゲインは、前記室内機が前記建物へ熱を供給しない空調OFFの場合の室温変化を反映した前記出湯温度指令を得るように設計されるものであり、
前記暖房制御部は、前記空調ONの場合は、室温の設定温度と前記

室温情報と前記第1ゲインとを用いて前記出湯温度指令を更新し、前記空調OFFの場合は、前記設定温度と前記室温情報と前記第2ゲインとを用いて前記出湯温度指令を更新する温水暖房システム。

[請求項2] 前記制御装置は、さらに前記建物の熱特性を算出するシステム同定部を備え、

前記システム同定部は、前記建物の熱特性の比例係数および時定数を算出するものであり、

前記制御ゲイン決定部は、前記建物の熱特性の時定数を、前記暖房制御部における設計時定数として、前記第2ゲインを算出することを特徴とする請求項1に記載の温水暖房システム。

[請求項3] 前記制御ゲイン決定部は、前記熱源機によって生成される温水の総量と流量に応じたむだ時間から、前記暖房制御部における設計時定数を求め、前記第1ゲインを算出する請求項2に記載の温水暖房システム。

[請求項4] 外気温度を検出する外気温度センサをさらに備え、

前記システム同定部は、前記空調ONの場合と前記空調OFFの場合に分けてシステム同定を行い、前記空調ONの場合のシステム同定には、前記室温情報を少なくとも用いて前記建物の熱特性を算出し、前記空調OFFの場合のシステム同定には、前記外気温度センサによって検出される外気温度を用いて、前記建物の熱特性を算出する請求項2または3に記載の温水暖房システム。

[請求項5] 前記システム同定部は、前記暖房制御部が、前記室温の設定温度と、前記室温情報と、予め設定された初期制御ゲインとを用いて生成した出湯温度指令を入力変数とし、前記室温情報を出力変数として、前記建物の熱特性を算出する請求項2～4の何れか一項に記載の温水暖房システム。

[請求項6] 前記熱源機は、前記室内機を通過し、前記冷媒－水熱交換器へ戻る水の戻り温度を検知する戻り温度センサをさらに備え、

前記システム同定部は、前記暖房制御部が、前記室温の設定温度と、前記室温情報と、予め設定された初期制御ゲインとを用いて生成した出湯温度指令および前記戻り温度を入力変数とし、前記室温情報を出力変数として、前記建物の熱特性を算出する請求項2～4の何れか一項に記載の温水暖房システム。

[請求項7] 前記システム同定部は、サンプリング周期が異なる複数の時系列データに基づいて、前記建物の熱特性を算出する請求項2～6の何れか一項に記載の温水暖房システム。

[請求項8] 前記室温情報は、室温と、経過時間とを含む請求項1～7の何れか一項に記載の温水暖房システム。

[請求項9] 前記暖房制御部は、前記出湯温度指令に上下限値を設け、アンチリセットウィンドアップ処理機能を備える請求項1～8の何れか一項に記載の温水暖房システム。

[請求項10] 温水を生成する熱源機を備える温水暖房システムの制御装置であって、

暖房対象である建物の熱特性に基づいて、第1ゲインおよび第2ゲインを算出する制御ゲイン決定部と、

前記第1ゲインおよび前記第2ゲインを用いて、前記冷媒-水熱交換器の水の出口温度の目標値である出湯温度指令を更新する暖房制御部と、

前記室内機が前記建物へ熱を供給する空調ONの場合に、前記暖房制御部で更新される前記出湯温度指令に基づいて前記熱源機への熱供給指令を行う出湯温度制御部と、

を有し、

前記第1ゲインは、前記空調ONの場合に所望の室温応答となるような前記出湯温度指令を得るように設計されるものであり、

前記第2ゲインは、前記室内機が前記建物へ熱を供給しない空調OFFの場合の室温変化を反映した前記出湯温度指令を得るように設計

されるものであり、

前記暖房制御部は、前記空調ONの場合は、室温の設定温度と前記室温情報と前記第1ゲインとを用いて前記出湯温度指令を更新し、前記空調OFFの場合は、前記設定温度と前記室温情報と前記第2ゲインとを用いて前記出湯温度指令を更新する制御装置。

[請求項11]

温水を生成する熱源機を備える温水暖房システムの制御方法であって、

暖房対象である建物の熱特性に基づいて、第1ゲインおよび第2ゲインを算出する工程と、

前記第1ゲインおよび前記第2ゲインを用いて、前記冷媒-水熱交換器の水の出口温度の目標値である出湯温度指令を更新する工程と、

前記室内機が前記建物へ熱を供給する空調ONの場合に、前記更新される前記出湯温度指令に基づいて前記熱源機への熱供給指令を行う工程と、

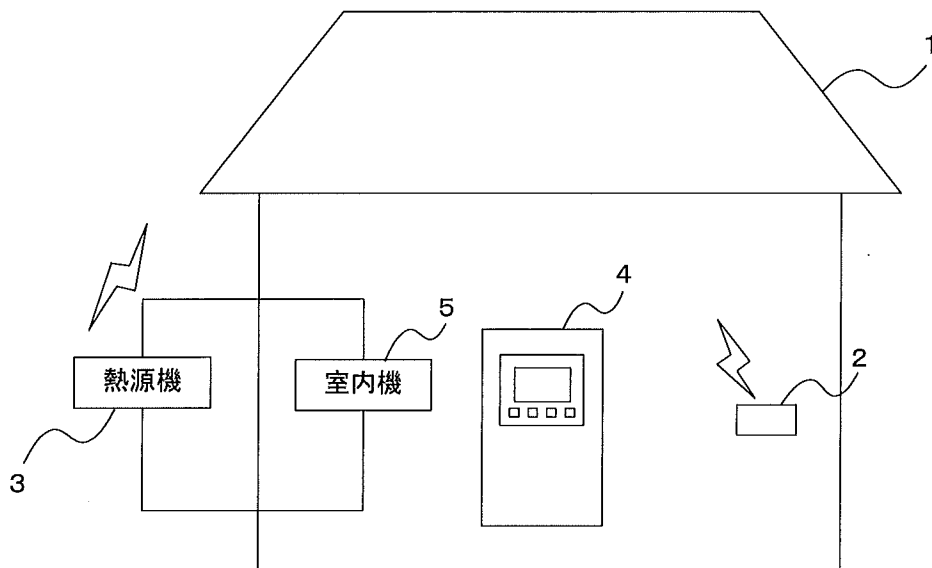
を含み、

前記第1ゲインは、前記空調ONの場合に所望の室温応答となるような前記出湯温度指令を得るように設計されるものであり、

前記第2ゲインは、前記室内機が前記建物へ熱を供給しない空調OFFの場合の室温変化を反映した前記出湯温度指令を得るように設計されるものであり、

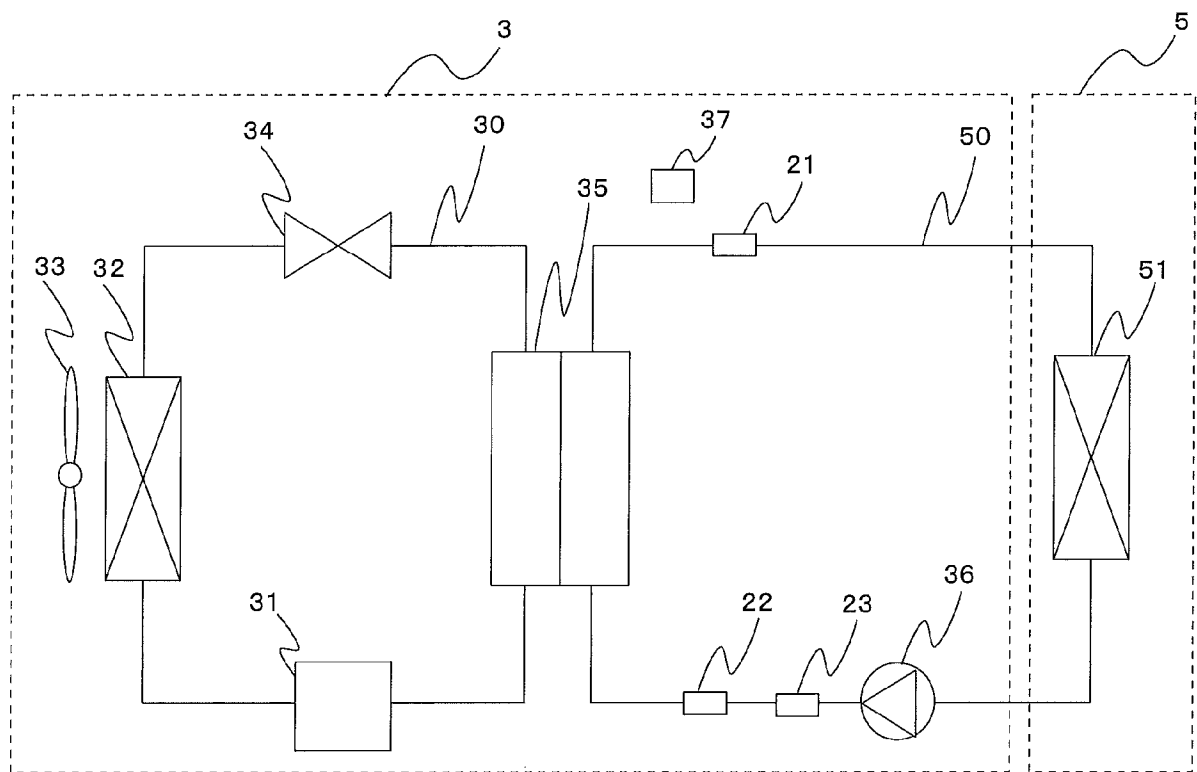
前記出湯温度指令を更新する工程は、前記空調ONの場合は、室温の設定温度と前記室温情報と前記第1ゲインとを用いて前記出湯温度指令を更新し、前記空調OFFの場合は、前記設定温度と前記室温情報と前記第2ゲインとを用いて前記出湯温度指令を更新することを含む制御方法。

[図1]

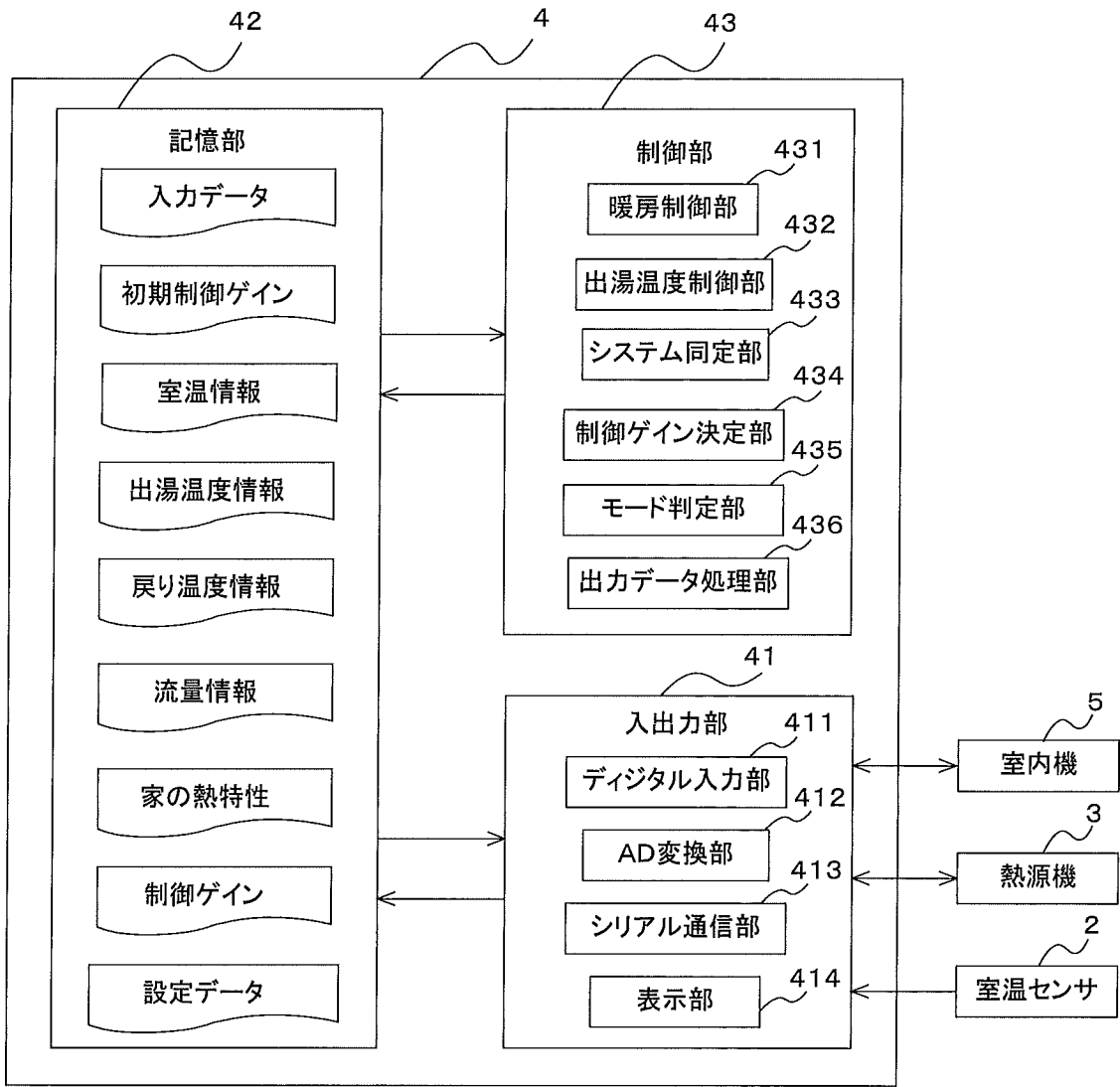


100

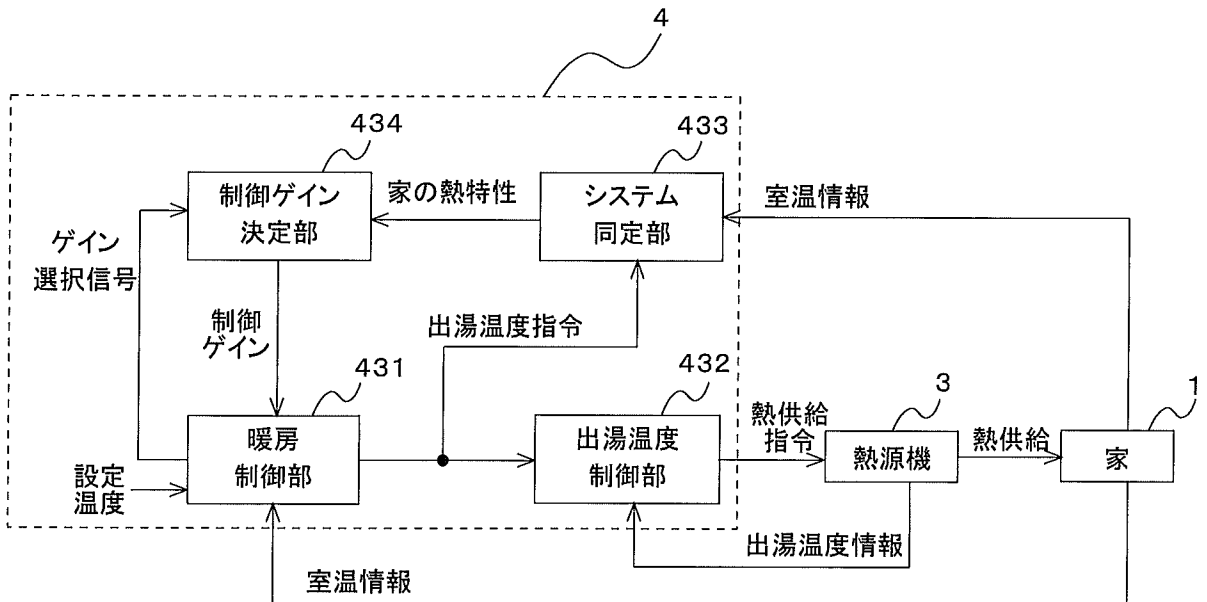
[図2]



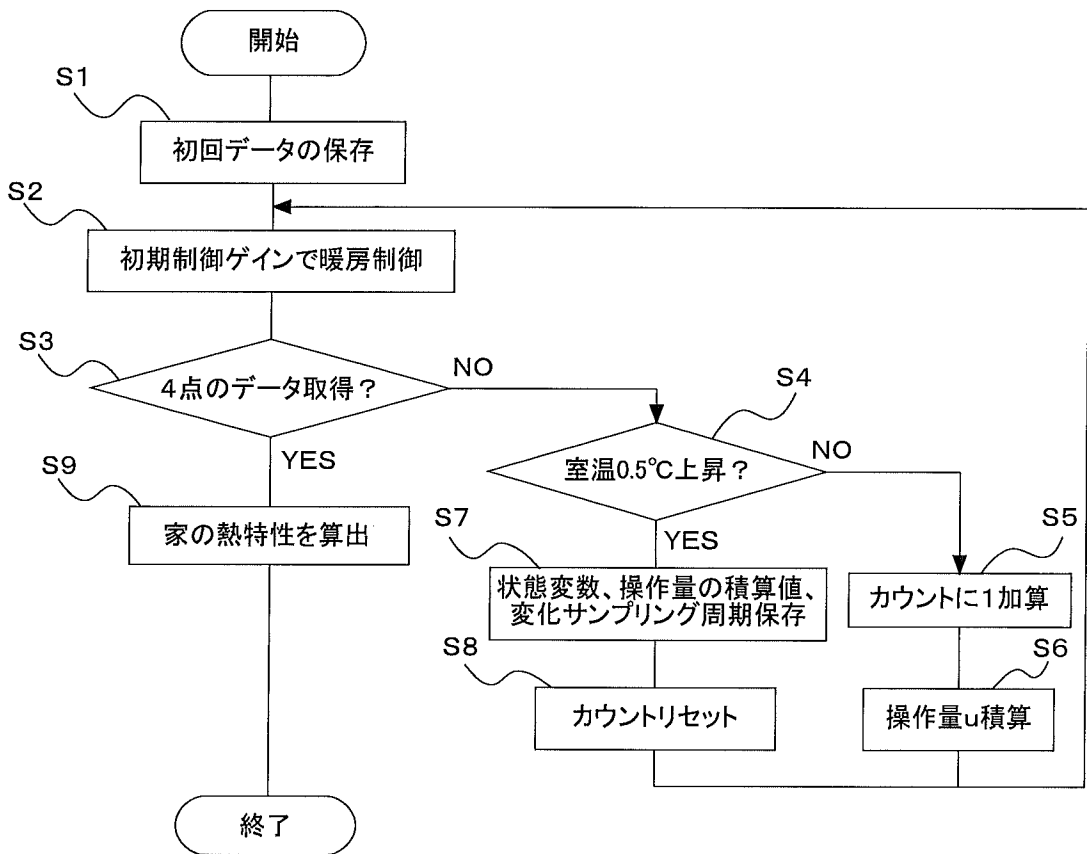
[図3]



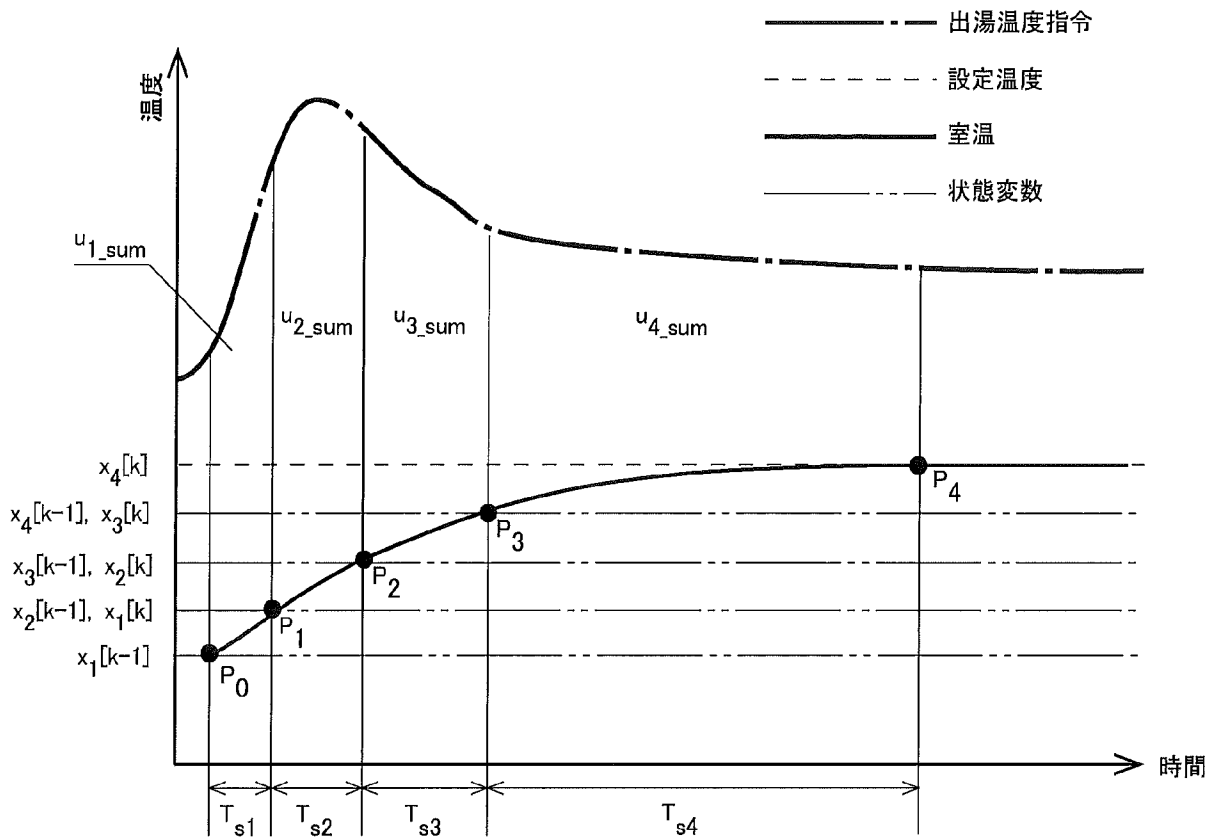
[図4]



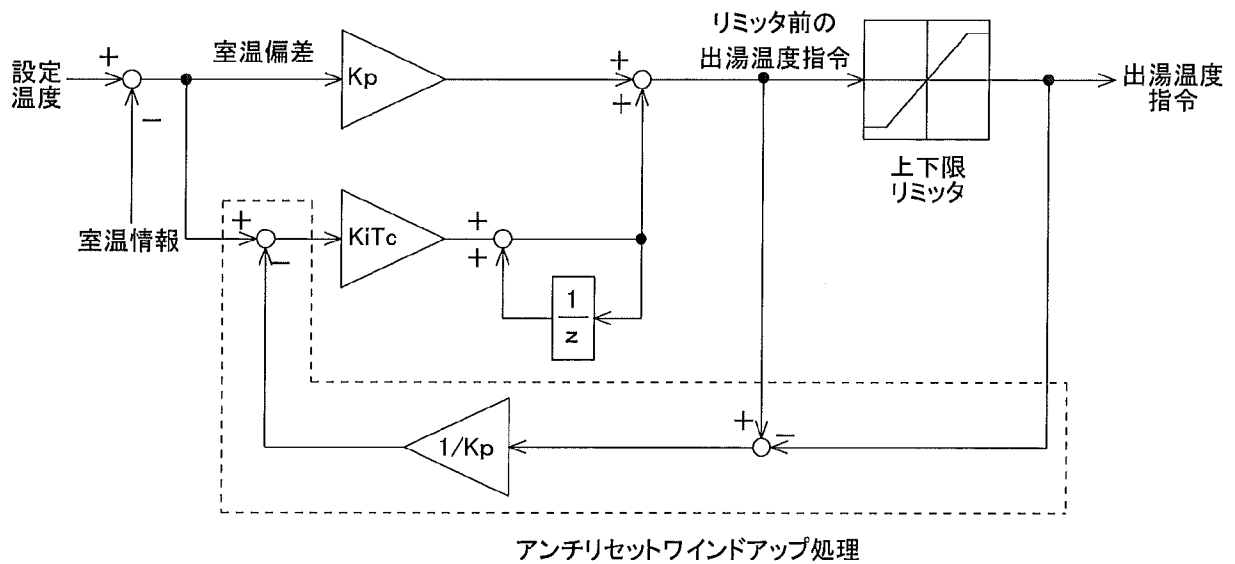
[図5]



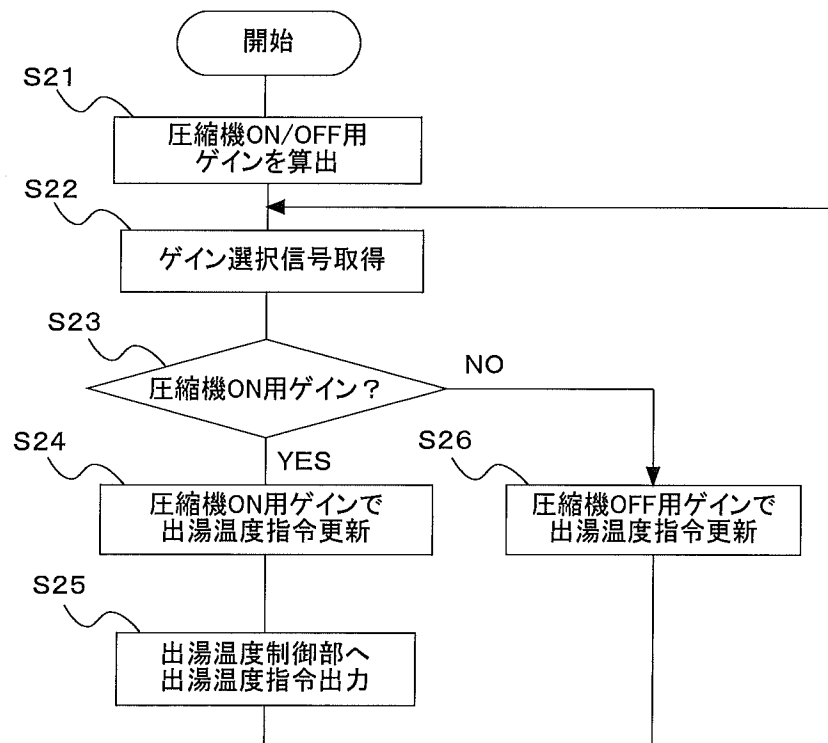
[図6]



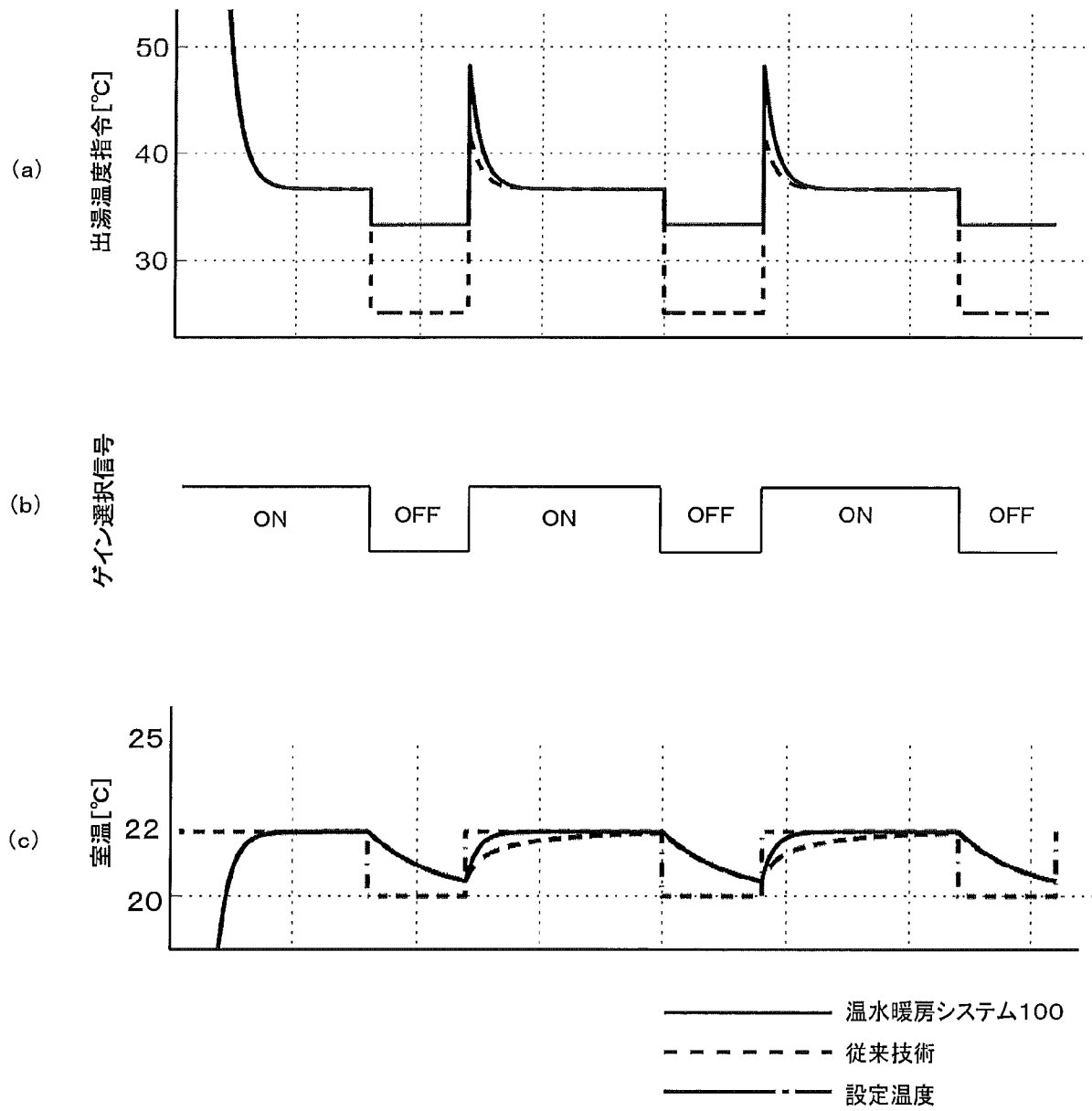
[図7]



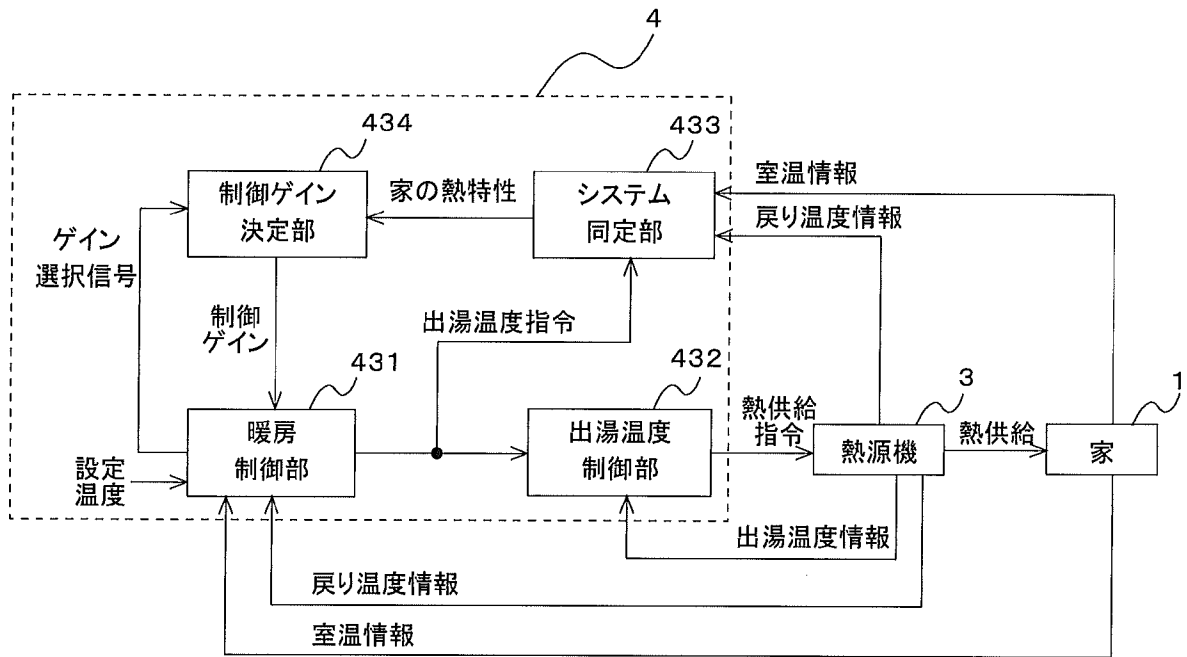
[図8]



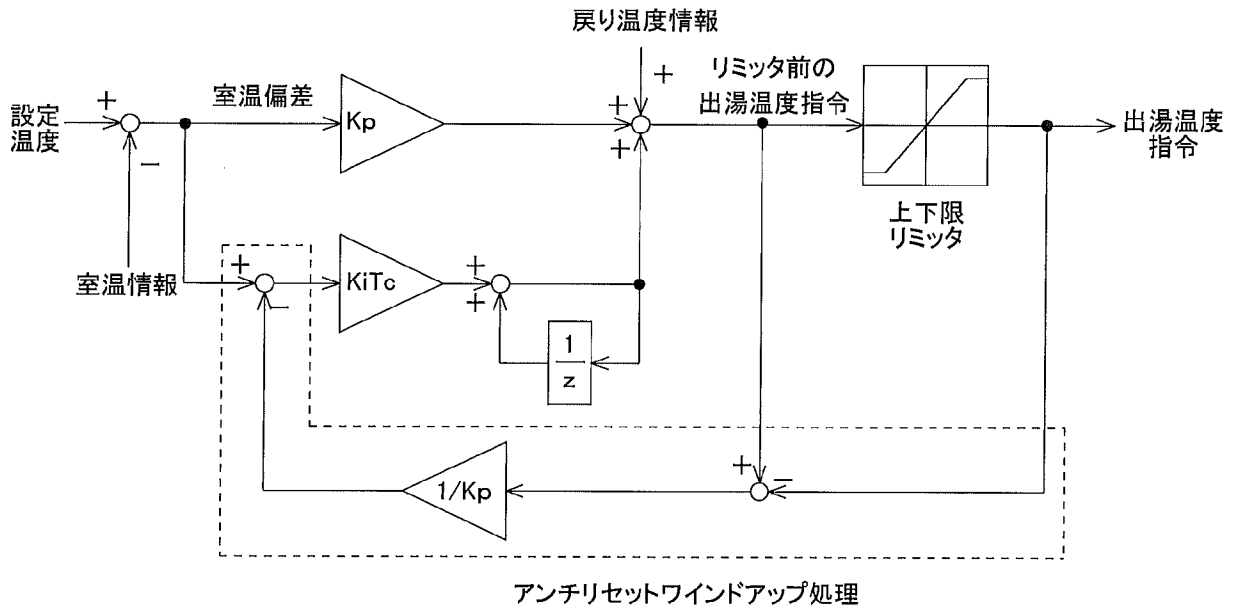
[図9]



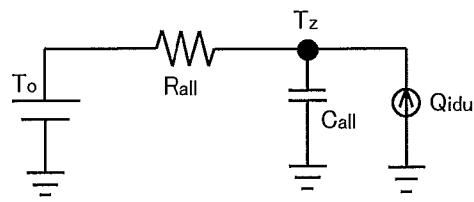
[図10]



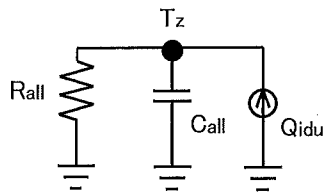
[図11]



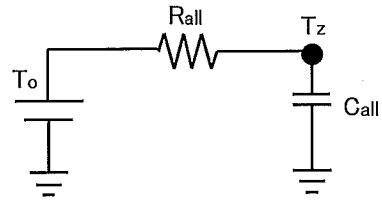
[圖12]



(a)

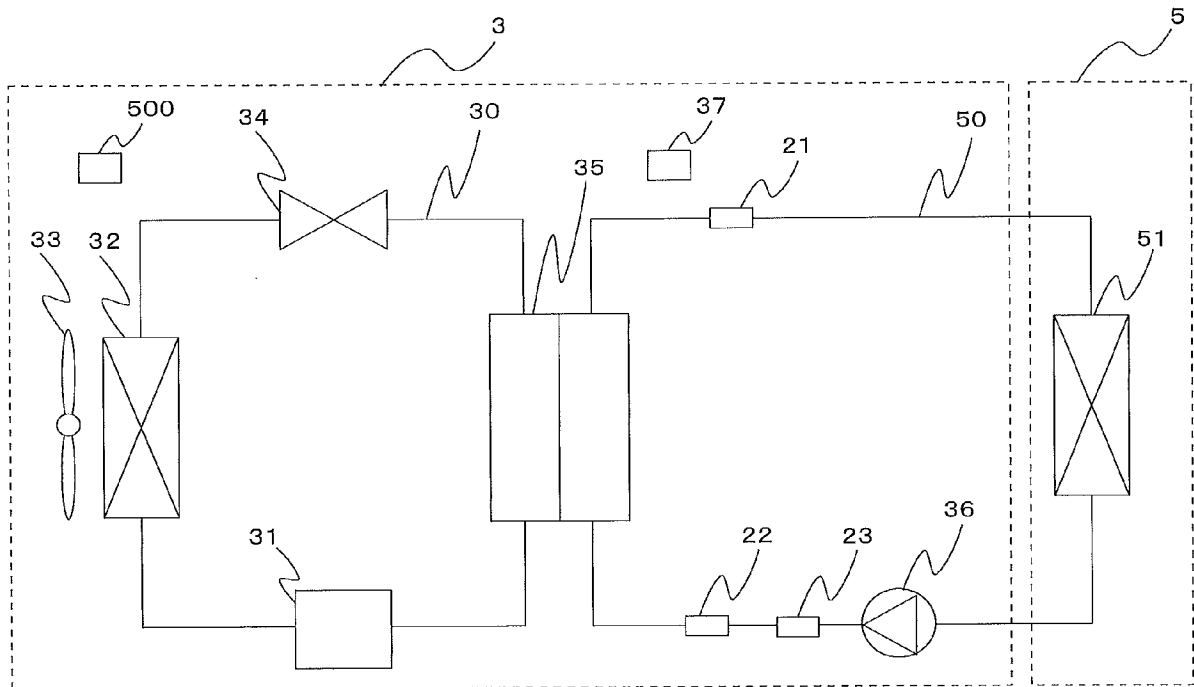


(b)

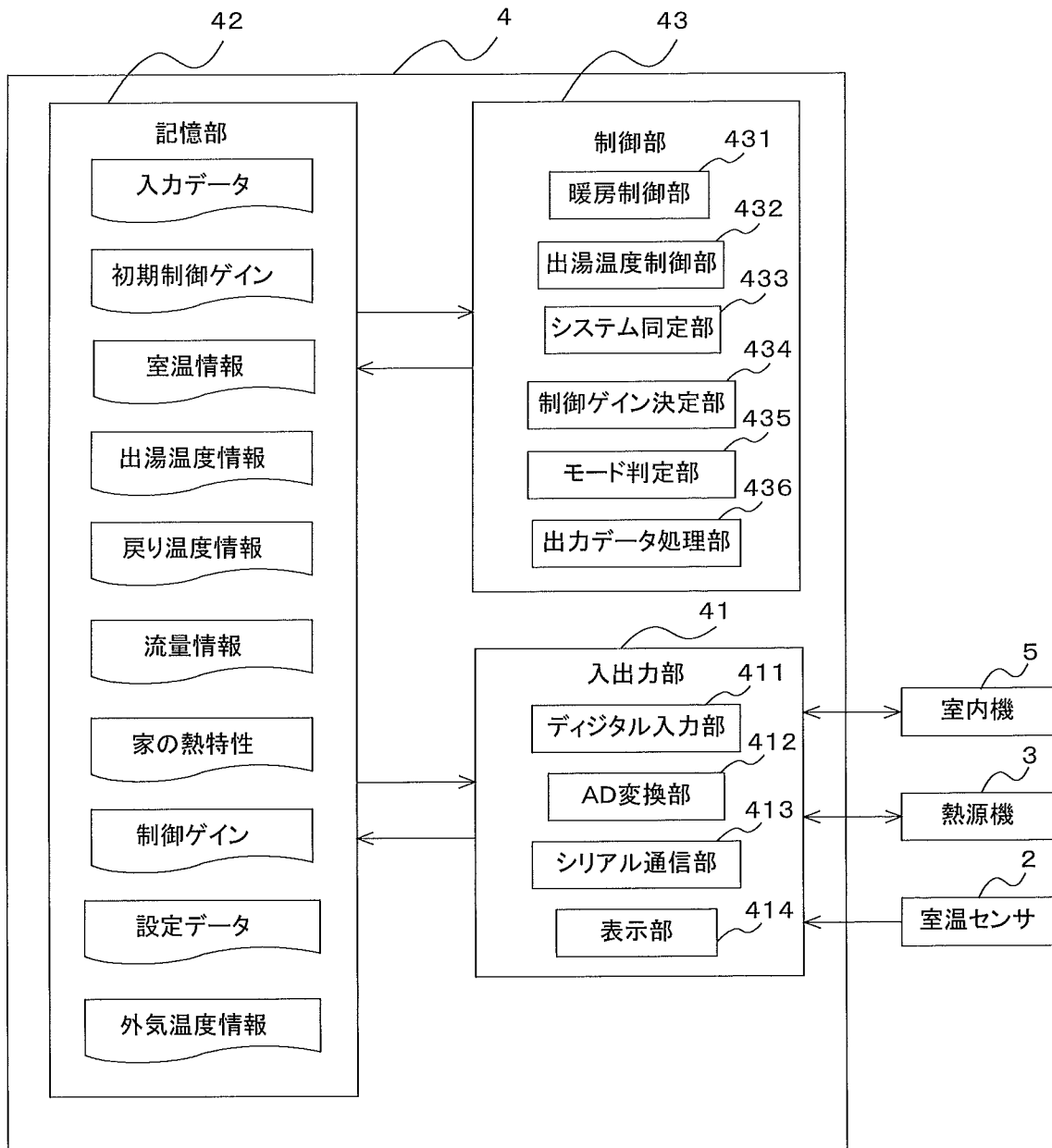


(c)

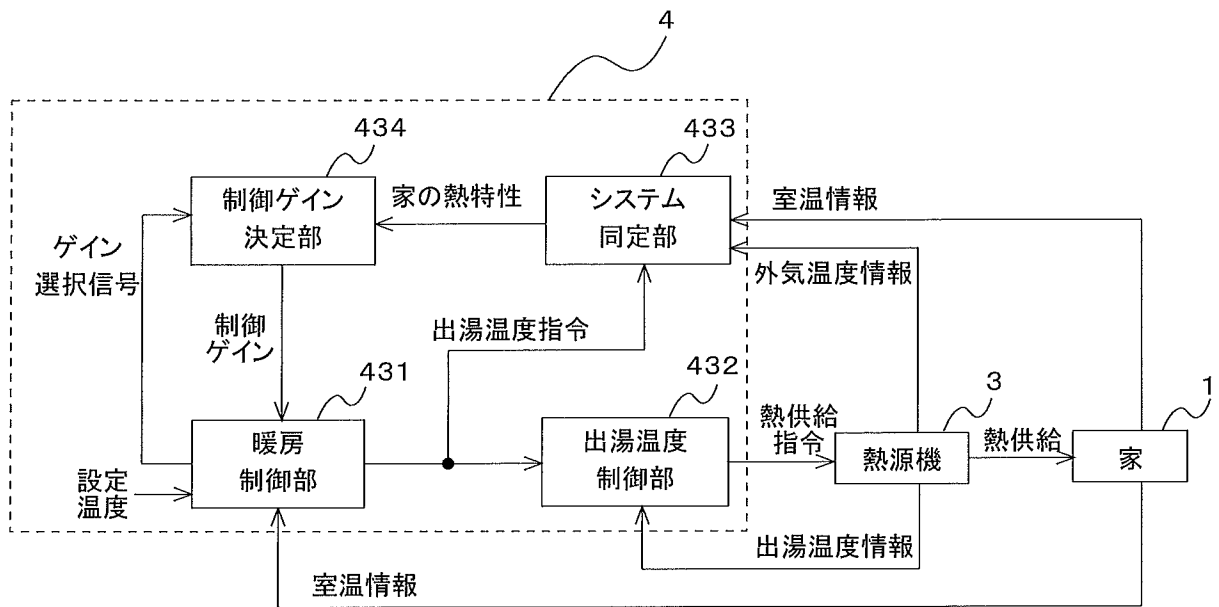
[圖13]



[図14]



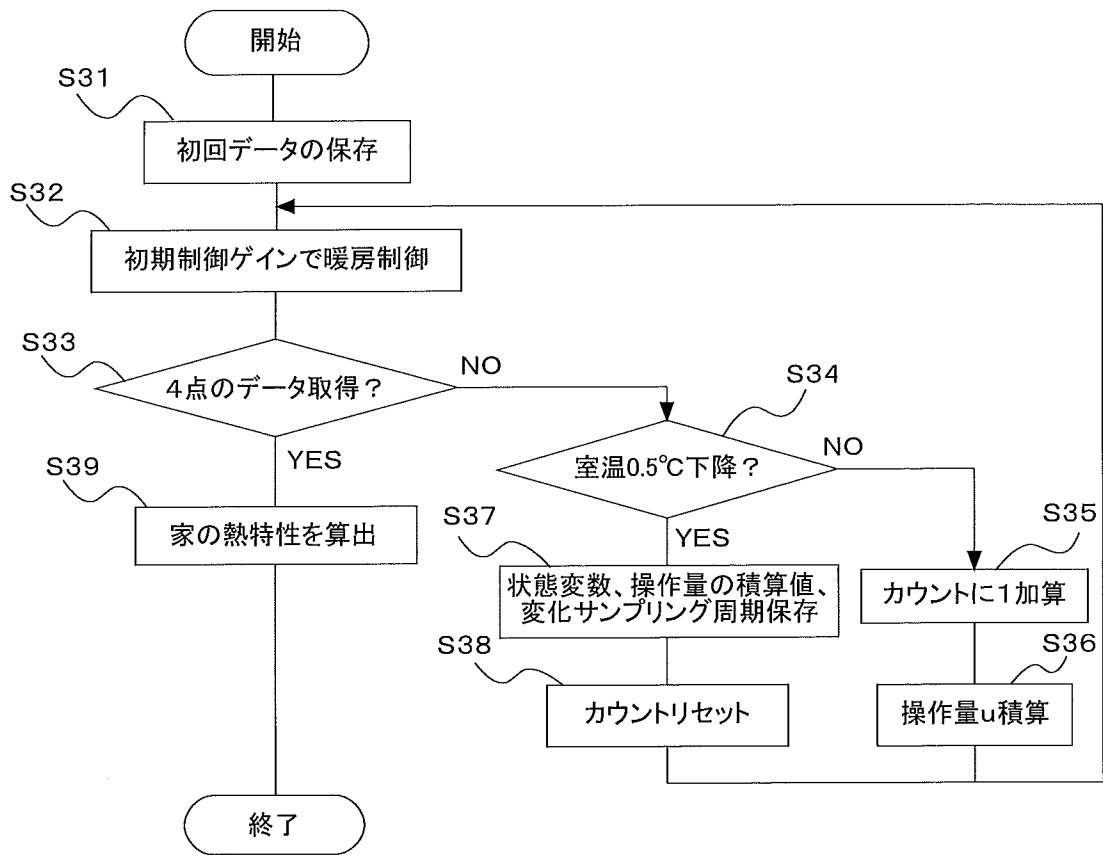
[図15]



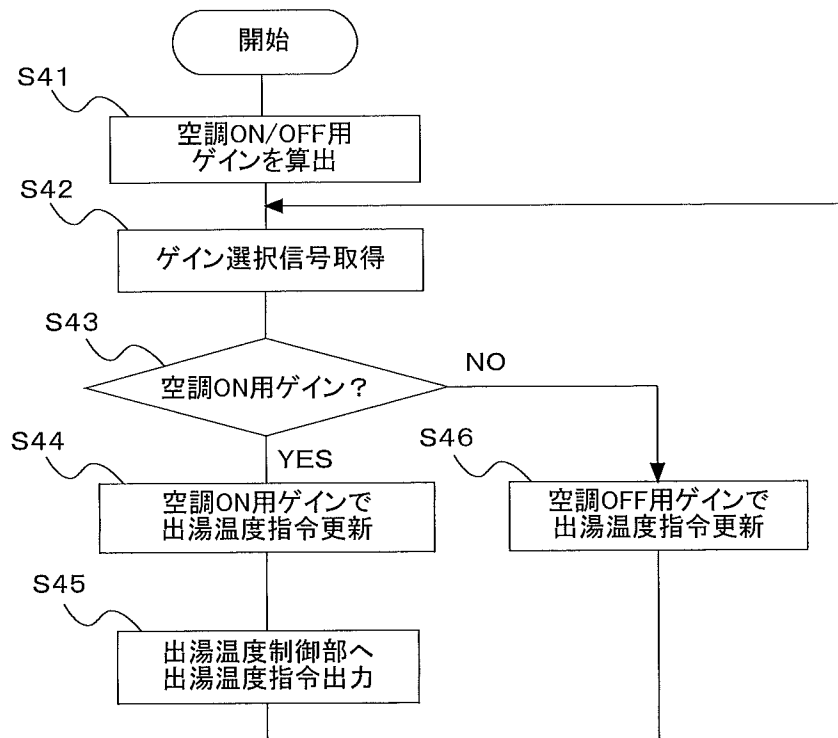
[図16]

		圧縮機	
		ON	OFF
循環ポンプ	ON	空調ON用ゲイン	空調ON用ゲイン
	OFF	空調OFF用ゲイン	空調OFF用ゲイン

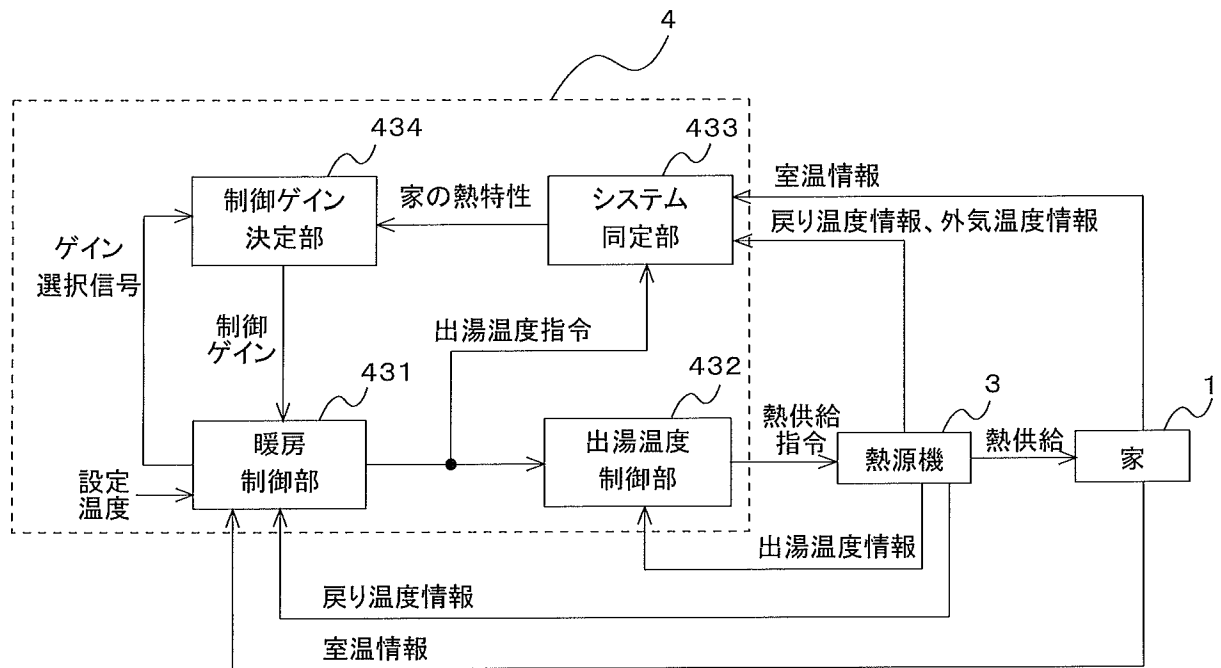
[図17]



[図18]



[図19]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/051650

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
F24D3/00(2006.01)i, F24D3/18(2006.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F24D3/00, F24D3/18

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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.
A	JP 63-113244 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 18 May 1988 (18.05.1988), specification, page 2, upper left column, line 11 to page 3, upper right column, line 18; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-11
A	JP 2014-190600 A (Panasonic Corp.), 06 October 2014 (06.10.2014), paragraphs [0004] to [0022] (Family: none)	1-11
A	JP 58-106346 A (Yamatake-Honeywell Co., Ltd.), 24 June 1983 (24.06.1983), specification, page 5, lower right column, line 12 to page 6, upper right column, line 1 (Family: none)	1-11

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 08 March 2016 (08.03.16)	Date of mailing of the international search report 15 March 2016 (15.03.16)
---------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F24D3/00(2006.01)i, F24D3/18(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F24D3/00, F24D3/18

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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
A	JP 63-113244 A（三洋電機株式会社）1988.05.18, 明細書第2ページ左上欄第11行-第3ページ右上欄第18行、図1-3（ファミリーなし）	1-11
A	JP 2014-190600 A（パナソニック株式会社）2014.10.06, [0004]-[0022]（ファミリーなし）	1-11
A	JP 58-106346 A（山武ハネウエル株式会社）1983.06.24, 明細書第5ページ右下欄第12行-第6ページ右上欄第1行（ファミリーなし）	1-11

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「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	「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
「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）	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 08.03.2016	国際調査報告の発送日 15.03.2016
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 吉村 俊厚 電話番号 03-3581-1101 内線 3337
	3 L 4648