

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6289749号
(P6289749)

(45) 発行日 平成30年3月7日 (2018.3.7)

(24) 登録日 平成30年2月16日 (2018.2.16)

(51) Int. Cl. F I

G O 6 Q 10/04 (2012.01)

F 2 4 F 11/30 (2018.01)

F 2 4 F 11/62 (2018.01)

F 2 4 F 11/88 (2018.01)

F 2 4 F 11/89 (2018.01)

G O 6 Q 10/04

F 2 4 F 11/02 Z

F 2 4 F 11/02 1 O 3 A

請求項の数 9 (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2017-518720 (P2017-518720)	(73) 特許権者	000006013
(86) (22) 出願日	平成27年10月28日 (2015.10.28)		三菱電機株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2015/080457		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(87) 国際公開番号	W02016/185630	(74) 代理人	110001461
(87) 国際公開日	平成28年11月24日 (2016.11.24)		特許業務法人きさ特許商標事務所
審査請求日	平成29年5月23日 (2017.5.23)	(72) 発明者	澤田 昌江
(31) 優先権主張番号	特願2015-101268 (P2015-101268)		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三
(32) 優先日	平成27年5月18日 (2015.5.18)		菱電機株式会社内
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	元谷 美緒
			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
		(72) 発明者	中島 理
			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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 室内環境モデル作成装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

空気調和を行う空調設備と、室内空間のCO₂濃度を計測するCO₂センサ及び室内空間の室内湿度を計測する湿度センサとが設置された室内空間の室内環境モデルを作成する室内環境モデル作成装置であって、

室内環境モデルは、熱のパラメータが含まれる物理モデル、水分のパラメータが含まれる物理モデル及びCO₂濃度のパラメータが含まれる物理モデルを有するものであり、

学習対象期間における前記空調設備の運転データを学習用入力データとして記憶するとともに、前記CO₂センサ及び前記湿度センサにおいて計測された計測データを記憶するデータ記憶部と、

前記データ記憶部に記憶された前記学習用入力データと計測データとを用いて複数の物理モデルを統合的に学習するモデルパラメータ学習部と

を備えた室内環境モデル作成装置。

【請求項 2】

複数の物理モデルには、熱伝導方程式と、水分に関する物質移動方程式と、CO₂濃度に関する物質移動方程式とが含まれる請求項 1 に記載の室内環境モデル作成装置。

【請求項 3】

複数の物理モデルには、熱伝導方程式で示される室内温度モデルと、水分に関する物質移動方程式で示される室内湿度モデルと、CO₂濃度に関する物質移動方程式で示されるCO₂濃度モデルとが含まれる請求項 2 に記載の室内環境モデル作成装置。

【請求項 4】

複数の物理モデルは、互いに共通のパラメータを含み、

前記モデルパラメータ学習部は、共通のパラメータを統合的に学習するものである請求項 1～3 のいずれか 1 項に記載の室内環境モデル作成装置。

【請求項 5】

前記モデルパラメータ学習部は、複数の物理モデルのすべてに共通して含まれるパラメータおよび熱のパラメータを含む物理モデルと、前記複数の物理モデルのすべてに共通のパラメータおよび水分のパラメータを含む物理モデルと、複数の物理モデルのすべてに共通のパラメータおよび CO_2 濃度のパラメータを含む物理モデルとを連立して解き、収束計算を行うことにより全ての物理モデルに含まれる全てのパラメータを同時に決定してモデルを学習するものである請求項 1～3 のいずれか 1 項に記載の室内環境モデル作成装置。

10

【請求項 6】

前記モデルパラメータ学習部は、はじめに複数の物理モデルの一部の物理モデルを学習の対象として、複数の物理モデルの全てに共通して含まれるパラメータ及び対象の物理モデルに固有に含まれるパラメータを学習し、残りの複数の物理モデルの学習の際には物理モデルのすべてに共通のパラメータの値をはじめに学習した値として、残りのそれぞれの物理モデルに含まれる固有のパラメータのみを学習する請求項 1～3 のいずれか 1 項に記載の室内環境モデル作成装置。

【請求項 7】

20

前記モデルパラメータ学習部は、複数の物理モデルの全てに共通のパラメータ及びそれぞれの物理モデルに固有に含まれるパラメータを、3 段階以上に分けて学習する請求項 6 に記載の室内環境モデル作成装置。

【請求項 8】

複数の物理モデルは、前記空調設備及び室内空間の設計要素を表す設計パラメータと、在席率に関する在席パラメータを含む運用パラメータとに分類されるパラメータを含むものであり、

前記モデルパラメータ学習部は、

複数の物理モデルにおける運用パラメータの値を固定させた状態で設計パラメータの値を変化させながら、複数の物理モデルにおける設計パラメータの学習を同時に行う設計モデルパラメータ学習部と、

30

複数の物理モデルにおける設計パラメータの値を固定させた状態で運用パラメータの値を変化させながら、複数の物理モデルにおける運用パラメータの学習を同時に行う運用モデルパラメータ学習部と

を備えた請求項 1～7 のいずれか 1 項に記載の室内環境モデル作成装置。

【請求項 9】

前記モデルパラメータ学習部は、運転データと計測データのみから室内環境モデルを学習する請求項 8 に記載の室内環境モデル作成装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

本発明は、空調システムの負荷の予測を行う室内環境モデルを作成する室内環境モデル作成装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

ビルなどの空調システムは、在室者が快適と感じる室内環境を維持した上で、構成する各種の空調機が互いに連携し、システム全体として最適な運転が行われる必要がある。正確な室内環境の予測により、空調システムが処理すべき負荷がその種類ごとに把握され、各機器の効率的な運転を決定できる。従来から、室内環境および空調負荷の予測には次のような幾つかの方法が提案されている（例えば特許文献 1～3 参照）。

50

【0003】

特許文献1には、外気温、日射量、人数変動パターンなどの情報がビル空調熱負荷モデルに入力されることにより、壁からの取得熱量、ガラス面からの取得熱量、人体発熱量、電気機器の発熱量等が求められ、これに過去の熱負荷実績データを用いてビル空調熱負荷が予測されるビル空調熱負荷予測装置が開示されている。特許文献2には、各室の形状および開口部を含む邸別データと風速および外気温を含む気象データに基づいて各室の換気量および温度が交互に複数回計算され収束させることにより、建物内の換気量および温度が予測される建物の換気量及び温度予測システムが開示されている。特許文献3には、CO₂濃度計測値から在室人数を推定し、推定した人体発熱あるいは人数に依存する熱負荷を予測し、推定した熱負荷に基づいて空調機の制御を行う空調制御装置が開示されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特許第3350277号公報

【特許文献2】特許第5008739号公報

【特許文献3】特開2008-298296号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

20

特許文献1、2のような物理式に則ったモデルを用いる手法は、熱負荷や室内温度変動といった物理現象を再現することができる。しかしながら、特許文献1、2のモデルでは、設定パラメータとして、建物の構成部材の物性値や建物形状だけでなく、空調負荷に大きく影響を与える在室人数等の建物の用途によって変化するパラメータが対象建物ごとに必要になり、膨大な設定パラメータを入手することは困難である。また、特許文献3は、室内のCO₂濃度計測値から在室人数を求め、在室人数を直接入力することなく在室者数に依存する熱負荷を予測する。しかしながら、CO₂濃度計測値のみを用いて空調負荷を推定しているため、精度が低いという課題がある。

【0006】

本発明は、上述のような課題を解決するためになされたものであり、膨大なパラメータを設定することなく、空調システムの負荷を精度良く予測することができる室内環境モデル作成装置を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の室内環境モデル作成装置は、空気調和を行う空調設備と、室内空間のCO₂濃度を計測するCO₂センサ及び室内空間の室内湿度を計測する湿度センサとが設置された室内空間の室内環境モデルを作成する室内環境モデル作成装置であって、室内環境モデルは、熱のパラメータが含まれる物理モデル、水分のパラメータが含まれる物理モデル及びCO₂濃度のパラメータが含まれる物理モデルを有するものであり、学習対象期間における空調設備の運転データを学習用入力データとして記憶するとともに、CO₂センサ及び湿度センサにおいて計測された計測データを記憶するデータ記憶部と、データ記憶部に記憶された学習用入力データと計測データとを用いて複数の物理モデルを統合的に学習するモデルパラメータ学習部とを備えたものである。

40

【発明の効果】

【0008】

本発明の室内環境モデル作成装置によれば、複数の物理モデルからなる室内環境モデルを統合的に学習することにより、物理現象に即した精度の高いモデルを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

50

【図 1】本発明の実施の形態に係る室内環境モデル作成装置を用いた空調制御システムの一例を示すブロック図である。

【図 2】本発明の実施の形態に係る室内環境モデル作成装置の構成を示すブロック図である。

【図 3】図 2 の室内環境モデルを学習する際に考慮される因子の一例を示す模式図である。

【図 4】図 2 の室内環境モデル作成装置の動作例を示すフローチャートである。

【図 5】図 4 における室内環境モデルの学習工程の一例を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0010】

10

以下、図面を参照しながら本発明の室内環境モデル作成装置の実施の形態について説明する。図 1 は本発明の実施の形態に係る室内環境モデル作成装置を用いた空調制御システムの一例を示すブロック図である。図 1 の空調制御システム 1 は、空調設備 2 による空調空間の室内環境モデルに基づいて室内環境を予測し、予測した室内環境に応じて空調設備 2 を制御するものである。

【0011】

空調制御システム 1 は、室内空間の空気調和を行う空調設備 2 と、室内環境もしくは室外環境の状態を計測するセンサ群 3 と、室内環境モデルを作成する室内環境モデル作成装置 10 と、室内環境モデル作成装置 10 において作成された室内環境モデルを用いて室内環境を予測し空調設備 2 を制御する空調制御装置 20 とを備えている。空調設備 2、室内環境モデル作成装置 10 及び空調制御装置 20 は、例えばネットワークもしくは信号線を介してデータ伝送可能に接続されている。なお、図 1 において、室内環境モデル作成装置 10 と空調制御装置 20 とが別々のハードウェア（コンピュータ等）からなる場合について例示しているが、同一のハードウェア（コンピュータ等）により構成されていてもよい。

20

【0012】

空調設備 2 は、室内環境の空気調和を行うものであり、室内空間の空気調和を行う空気調和装置 2A および室内空間の換気を行う換気装置 2B を有している。空気調和装置 2A は複数台を許容し、室外機と室内機とを有するビル用マルチエアコン、パッケージエアコン、ルームエアコン、もしくは吸収冷凍機などの大型熱源機からなっている。なお、空調設備 2 は、上記空気調和装置 2A 及び換気装置 2B を有する場合に限られず、例えば外気調和機、加湿器、除湿器等のその他の空調機器を備えたものでもよい。

30

【0013】

センサ群 3 は、室内湿度を計測する室内湿度センサ 3A と、室内の CO_2 濃度を計測する CO_2 濃度センサ 3B を有している。センサ群 3 は、ネットワークを介して計測した各種情報を室内環境モデル作成装置 10 及び空調制御装置 20 に伝送する。なお、室内湿度センサ 3A および CO_2 濃度センサ 3B は、室内に複数個設置してもよい。また、センサ群 3 がネットワークを介して接続されている場合について例示しているが、空調設備 2 内に組み込まれた状態で設置され、空調設備 2 から室内環境モデル作成装置 10 及び空調制御装置 20 に計測したデータが伝送されてもよい。この際、換気装置 2B 等の空調設備 2 における吸込み空気の流路に設置し、室内の代表値として利用してもよい。

40

【0014】

さらに、空調制御システム 1 には、気象データを配信する気象データ配信サーバ 4 にネットワークを介して接続されている。そして、室内環境モデル作成装置 10 及び空調制御装置 20 は、ネットワークを介して気象データ配信サーバ 4 から気象データを取得する。なお、気象データには、空調設備 2 が設置された地点における日射量、外気温、外気湿度等のデータが含まれている。なお、気象データが気象データ配信サーバ 4 を介して配信される場合について例示しているが、センサ群 3 が建物外部に設置された室外計測センサを含み、室外計測センサから気象データを取得するようにしてもよい。

【0015】

50

室内環境モデル作成装置 10 は、時間変化に対する室内環境の変化を予測するための室内環境モデルを作成するものである。後述のように、室内環境モデルには複数の物理モデルが含まれており、複数の物理モデルには、室内温度に関する熱伝導方程式と、水分（湿度）に関する物質移動方程式と、 CO_2 濃度に関する物質移動方程式とが含まれる。

【0016】

空調制御装置 20 は、室内環境モデル作成装置 10 において作成された室内環境モデルを用いて、将来の空調設備 2 の運転スケジュールを作成し、空調設備 2 を制御するものである。空調制御装置 20 は、室内環境予測部 21、モデルデータベース 22、スケジュール作成部 23、空調制御部 24 を備えている。

【0017】

室内環境予測部 21 は、モデルデータベース 22 に記憶された室内環境モデルを用いて、所定期間の室内環境変化を予測する。ここで、モデルデータベース 22 には、室内環境モデル作成装置 10 において作成された室内環境モデルが記憶されている。また、モデルデータベース 22 には、空調設備特性データ及び後述する室内環境モデルの学習済の各種パラメータ等が記憶されている。室内環境予測部 21 は、空調設備 2、センサ群 3 及び気象データ配信サーバ 4 のそれぞれから運転データ、計測データ及び気象データを取得し、これらを予測用入力データとして用いて、温度モデル、湿度モデル及び CO_2 モデルに基づき、将来（例えば翌日）の室内温度、室内湿度及び室内 CO_2 濃度の予測値を演算する。

【0018】

スケジュール作成部 23 は、室内環境予測部 21 において予測された室内環境に基づいて、計画対象期間（例えば翌日）の空調設備 2 の運転スケジュールを作成する。具体的には、スケジュール作成部 23 は、例えば室内温度の予測値が所定の快適温度範囲内に維持され、室内湿度が所定の快適湿度範囲内に維持されるように、空気調和装置 2A の運転スケジュールを作成する。また、スケジュール作成部 23 は、例えば CO_2 濃度が所定の快適 CO_2 濃度範囲内に維持されるように、換気装置 2B の運転スケジュールを作成する。なお、快適性の観点から運転スケジュールを作成する場合について例示しているが、デマンド制御等の消費電力の観点から運転スケジュールを作成してもよい。

【0019】

図 2 は本発明の実施の形態に係る室内環境モデル作成装置の一例を示すブロック図であり、図 1 及び図 2 を参照して室内環境モデル作成装置 10 について説明する。なお、図 1 及び図 2 に示す室内環境モデル作成装置 10 及び空調制御装置 20 の構成は、マイコンもしくはコンピュータ等において磁気ディスク、半導体メモリ等の記憶装置に記憶されたプログラムを実行することにより実現されるものである。上述のように、図 2 の室内環境モデル作成装置 10 は、空気調和を行う空調設備 2 が設置された室内空間の室内環境モデルを作成するものであり、運転データ取得部 11、計測データ取得部 12、気象データ取得部 13、モデルパラメータ学習部 14、データ記憶部 15 を備えている。

【0020】

運転データ取得部 11 は、空調設備 2 から運転データを取得し、データ記憶部 15 へ保存する。計測データ取得部 12 は、センサ群 3 において計測された計測データを取得し、データ記憶部 15 へ保存する。運転データは、少なくとも空気調和装置 2A が室内へ供給もしくは除去した熱量と室内温度とを含む。計測データには、室内湿度及び室内の CO_2 濃度等が含まれる。なお、熱量が得られない場合、例えば空気調和装置 2A の室外機の運転周波数、蒸発温度、凝縮温度等の既設センサで取得したデータから熱量を算出してもよい。また、室内温度は室内機の吸込み温度で代替してもよく、空調機運転データから取得する以外に、センサ群 3 として室内に温度センサが設置されており、計測データ取得部 12 が室内温度データを取得してもよい。さらに、換気装置 2B の運転データとは、換気装置 2B の各時刻の出力（ON/OFF、強・中・弱、離散的な出力%、連続的な出力%等）、換気風量等が代表的であるが、これに限定されるものではない。以下、説明を簡単にするため、換気装置 2B の出力の強・中・弱と停止を換気装置 2B の運転データとして説

明する。

【0021】

気象データ取得部13は、例えば気象データ配信サーバ4にネットワークを介して接続されており、空調設備2が設置された地点の気象データを取得する。気象データは少なくとも日射量と外気温と外気湿度とを含み、気象データ取得部13は、気象データを計測データとしてデータ記憶部15へ記憶する。

【0022】

上述した運転データ取得部11、計測データ取得部12及び気象データ取得部13は所定時間（例えば5分）間隔でデータを取得し、データ記憶部15に記憶する。なお、データの取得間隔は、モデルの精度の面からは1分間隔のように短い方が好ましいが、10分間隔、30分間隔等であってもよい。また、データ記憶部15の記憶容量、モデルパラメータ学習部14の処理能力、モデル作成のために許容される計算時間等により、各種データが1分間隔で取得され、学習に使用するときは5分間隔等に間引きして用いてもよい。また、空気調和装置2Aおよび換気装置2Bの運転データと湿度およびCO₂濃度データは、異なる時間間隔で記憶されてもよい。

【0023】

モデルパラメータ学習部14は、データ記憶部15に記憶された学習用入力データを用いて複数の物理モデルを統合的に学習するものである。ここで、学習用入力データは、過去に取得されデータ記憶部15に記憶された運転データ、計測データ及び気象データである。室内環境モデルは、熱、水分及びCO₂濃度のパラメータが含まれる複数の物理モデルを有するものである。より詳細には、複数の物理モデルには、熱伝導方程式で示される室内温度モデルと、水分に関する物質移動方程式で示される室内湿度モデルと、CO₂濃度に関する物質移動方程式で示されるCO₂濃度モデルとが含まれている。

【0024】

上述した複数の物理モデルの統合的な学習方法の例のひとつは、複数の物理モデルをすべて連立して解き、収束計算を行うことにより、複数の物理モデル全てに共通のパラメータ及びそれぞれの物理モデルに固有のパラメータを同時に決定してモデルを学習する。あるいは、第1ステップとして複数の物理モデルのうちの一つ以上を選択して複数の物理モデル全てに共通のパラメータ及びそれぞれの物理モデルに固有のパラメータを決定する。第2ステップとして残りの物理モデルの一つ以上を選択し、第2ステップで選択した物理モデルに含まれる、複数の物理モデルに共通のパラメータの値を第1ステップで学習した値とすることで、第2ステップで選択した物理モデルの学習は第2ステップで選択した物理モデルに固有に含まれるパラメータのみを決定することでモデルの学習を行ってもよい。

【0025】

はじめに、室内環境モデルの概要について説明する。室内環境モデルは、室内温度モデル、室内湿度モデル及びCO₂濃度モデルの3つの物理モデルを有している。なお、以下に示すモデルは一例であり、必ずしも以下に示す式に限定する必要はない。図3は図2の室内環境モデルを学習する際に考慮される因子の一例を示す模式図である。図3においては、1フロアが1ゾーンで構成される場合について説明する。空調空間の室内環境の因子として、外気温 T_o 、外気絶対湿度 X_o 、外気CO₂濃度 ρ_{CO_2o} 、日射量 Q_s 、隣接ゾーン温度 T_{oz} 、隣接ゾーン絶対湿度 X_{oz} 、隣接ゾーンCO₂濃度、室内温度 T_z 、室内絶対湿度 X_z 、室内CO₂濃度 ρ_{CO_2z} 、空調除去（供給）エンタルピ量 Q_{HVAc} 、室内発生エンタルピ量（照明＋人体＋OA機器） $Q_{occ} + Q_{eqp}$ 、室内発生CO₂量 M_{occ} 、換気量 G_{vent} 、隙間風量 G_{draft} 、壁からの吸放湿量が挙げられる。なお、1フロアに1つのゾーンが形成されている場合、隣接内温度は存在しないため、隣接ゾーン温度 T_{oz} 、隣接ゾーン絶対湿度 X_{oz} 、及び隣接ゾーンCO₂濃度は無視する。

【0026】

上述した各因子を用いた熱伝導方程式に基づく理論式（数式モデル）は、式（1）～（

3) のように表され、図3の各因子を用いた物質移動方程式に基づく室内湿度の理論式(数式モデル)は、式(4)のように表され、図3の各因子を用いた物質移動方程式に基づくCO₂濃度の理論式(数式モデル)は、下記式(5)のように表される。

【0027】

【数1】

$$C_1 \frac{dT_1}{dt} = \alpha Q_s + \frac{T_o - T_1}{R_1} + \frac{T_2 - T_1}{R_2} \quad \dots (1)$$

【0028】

10

【数2】

$$C_2 \frac{dT_2}{dt} = \beta Q_s + \frac{T_1 - T_2}{R_2} + \frac{T_z - T_2}{R_z} \quad \dots (2)$$

【0029】

【数3】

$$C_z \frac{dT_z}{dt} = \delta Q_{HVAC} + \gamma Q_{EQP} + \rho Q_{OCC} + \rho C_p (G_{draft} + G_{vent})(T_o - T_z) + \frac{T_o - T_z}{R_3} + \frac{T_2 - T_z}{R_z} \quad \dots (3)$$

20

【0030】

【数4】

$$\rho V \frac{dX_z}{dt} = \frac{\delta(1 - SHF_{HVAC})Q_{HVAC}}{cl} + \frac{\varepsilon(1 - SHF_{OCC})Q_{OCC}}{cl} + \rho C_w (G_{draft} + G_{vent})(X_o - X_z) + \alpha_H \{(aT_2 + b)W_{RH} - X_z\} \quad \dots (4)$$

30

【0031】

【数5】

$$V \frac{d\rho_{co2z}}{dt} = (\rho_{co2o} - \rho_{co2z})(G_{vent} + G_{draft}) + M_{occ} \quad \dots (5)$$

【0032】

上記式(1)～(5)において、C₁は外壁室外側熱容量[kJ/K]、C₂は外壁室内側熱容量[kJ/K]、C_zは室内熱容量[kJ/K]、G_{vent}は換気量[m³/s]、G_{draft}は隙間風量[m³/s]、W_{hvac}は空調機による除湿量[kg/s]、R₁は室外側熱抵抗[K/kW]、R₂は外壁熱抵抗[K/kW]、R₃は外壁以外の熱抵抗[K/kW]、R_zは室内側熱抵抗[K/kW]、T_oは外気温[°C]、T₁は外壁室外側表面温度[°C]、T₂は外壁室内側表面温度[°C]、T_zは室内温度[°C]、Q_sは日射量[kW/m²]、Q_{occ}は人体発熱[kW]、Q_{eqp}は機器発熱[kW]、Q_{hvac}は空調除去(供給)熱量[kW]、αは室内へ透過する日射量の係数、βは外壁へ照射する日射量の係数、γは機器発熱の係数、δは空調除去(供給)熱量の係数を示す。

【0033】

また、Vは室容量[m³]、ρは空気密度[kg/m³]、X_zは室内絶対湿度[kg

50

／kg (DA)」、 X_o は外気絶対湿度[kg/kg (DA)]、 G_{vent} は換気量[m³/s]、 G_{draft} は隙間風量[m³/s]、 α_h は代表表面湿気伝達率、 a は飽和水蒸気量近似曲線の傾き[kg/h (kg/kg (DA))]、 b は飽和水蒸気量近似曲線の切片[kg/h (kg/kg (DA))]、 W_{RH} は壁表面相対湿度、 cl は0℃における水の蒸発潜熱[kJ/kg]、 ε は人体発熱の係数、 V は室容量[m³]、 ρ_{CO_2o} は外気CO₂濃度[ppm]、 ρ_{CO_2z} は室内CO₂濃度[ppm]、 G_{vent} は換気量[m³/s]、 G_{draft} は隙間風量[m³/s]、 M_{occ} は人体CO₂発生量[m³/s]を示す。

【0034】

上記式(1)～式(5)の理論式をそれぞれ物理モデルに置き換えると、下記式(6)～式(10)のように表される。すなわち、式(1)～式(3)の熱伝導方程式に基づく理論式(数式モデル)を室内温度モデルに置き換えると下記式(5)～式(8)のように表される。式(4)の物質移動方程式に基づく室内湿度の理論式(数式モデル)を室内湿度モデルに置き換えると下記式(9)のように表される。式(5)の物質移動方程式に基づくCO₂濃度の理論式(数式モデル)は、CO₂濃度モデルに置き換えると、下記式(10)のように表される。

【0035】

【数6】

$$\frac{C_1}{2(w+d)h} \frac{dT_1}{dt} = \alpha Q_s + \frac{T_o - T_1}{2(w+d)hR'_1} + \frac{T_2 - T_1}{2(w+d)hR'_2} \quad \dots (6) \quad 20$$

【0036】

【数7】

$$\frac{C_2}{2(w+d)h} \frac{dT_2}{dt} = \beta Q_s + \frac{T_1 - T_2}{2(w+d)hR_2} + \frac{T_z - T_2}{2(w+d)hR_z} \quad \dots (7)$$

【0037】

【数8】

$$\begin{aligned} \frac{C_z}{2(w+d)h} \frac{dT_z}{dt} = & \delta Q_{HVAC} + P_{occ} w d N_{occ} (\gamma Q_{EQP} + \rho^i Q_{OCC}^i) + \rho C_p (N_{draft} w d h + P_{vent} G_v N_{occ} w d) (T_o - T_z) \\ & + \frac{T_o - T_z}{2(w+d)hR_3} + \frac{T_2 - T_z}{2(w+d)hR_z} \quad \dots (8) \end{aligned}$$

【0038】

【数9】

$$\begin{aligned} \rho w d h \frac{dX_z}{dt} = & \frac{\delta P_{occ} w d N_{occ} (1 - SHF_{HVAC}) Q_{HVAC}}{cl} + \frac{\rho P_{occ} w d N_{occ} (1 - SHF_{OCC}) Q_{OCC}}{cl} \quad \dots (9) \\ & + \rho C_w (N_{draft} w d h + P_{vent} G_v N_{occ} w d) (X_o - X_z) + \eta W_{humi} + \alpha_H \{ (aT_2 + b) W_{RH} - X_z \} \end{aligned} \quad 40$$

【0039】

【数10】

$$\begin{aligned} h \frac{d\rho_z}{dt} = & (\rho_o - \rho_z) (G_v N_{occ} P_{vent} + N_{draft} h) \\ & + P_{occ} N_{occ} M \quad \dots (10) \end{aligned}$$

【0040】

上記式(6)～(10)において、 w は室の幅[m]、 d は室の奥行[m]、 h は室の

10

20

30

40

50

天井高 [m]、 $Q_{o.c.c.}$ は一人当たりの人体発熱 [kW/人]、 Q_{EQP} は一人当たりの機器発熱 [kW/人]、 R_1 は単位面積当たりの室外側熱抵抗 [(K・m²)/kW]、 R_2 は単位面積当たりの外壁熱抵抗 [(K・m²)/kW]、 R_3 は単位面積当たりの外壁以外の熱抵抗 [(K・m²)/kW]、 R_z は単位面積当たりの室内側熱抵抗 [(K・m²)/kW]、 $N_{o.c.c.}$ は設計在室密度 [人/m²]、 N_{draft} は隙間相当換気回数 [回/h]、 G_v は設計換気風量 [m³/(人・h)]、 $P_{o.c.c.}$ は在室パターン、 P_{vent} は換気パターンを示す。

【0041】

なお、式(6)～式(10)において、在室パターン $P_{o.c.c.}$ は、各時刻例えば1時間毎の在室率 (= 0～1.0) を示すパラメータであり、人が全員在室しているときには1になり、全員不在のときには0になる。また、換気パターン P_{vent} とは、各時刻例えば1時間毎の定格換気量に対する比率のことであり、定格風量のときに1になり、停止しているときに0になる。

10

【0042】

また、式(6)～式(10)において、空調除去(供給)エンタルピ量 Q_{HVAC} は、運転データ取得部11で取得可能であれば、その値をそのまま用いればよい。取得不可能の場合、空調機特性データを用いて熱量を計算する。例えば、空調機特性データとして、室外機の圧縮機周波数 f 、蒸発温度 ET 、凝縮温度 CT と供給熱量の関係を示す下記式(11)を準備し、式中の係数 a 、 b 、 c 、 d は圧縮機の種別によって異なる係数を与えておく。なお、式(11)において、係数 a 、 b 、 c 、 d は実測値から求めてもよい。室外機の圧縮機周波数 f 、蒸発温度 ET 、凝縮温度 CT と供給熱量の関係は、室外機の冷媒回路をモデル化した空調機モデルで算出してもよい。

20

【0043】

【数11】

$$\Delta Q = a * f(CT - ET) + b * f + c \quad \dots (11)$$

【0044】

ここで、式(6)～式(10)に示す室内環境モデルは、複数のパラメータを含むものであるが、複数のパラメータは、(1)設計パラメータ、(2)運用パラメータ、(3)既知パラメータの3つに分類することができる。

30

【0045】

(1)設計パラメータは、前記空調設備及び室内空間の設計要素を示すものであって固定値で与えられるパラメータであり、室の幅 w 、奥行 d 、天井高 h 、設計換気風量 G_v 、設計在室密度 $N_{o.c.c.}$ 、隙間風相当換気回数 N_{draft} 、外壁の熱抵抗 R_2 及び熱容量 C_1 、 C_2 、室内へ透過する日射量の係数 α 、外壁へ照射する日射量の係数 β 、機器発熱の係数 γ 、空調除去(供給)熱量の係数 δ 、人体発熱の係数 ε 、空調機処理エンタルピ量における潜熱の割合 $SHF_{o.c.c.}$ 、代表表面湿気伝達率 α_h 、壁表面相対湿度 W_{RH} である。

【0046】

(2)運用パラメータは、時間変化する熱、水蒸気、 CO_2 発生源の特性を示すパラメータである。熱、水蒸気、 CO_2 発生源の特性とは、熱、水蒸気、 CO_2 の発生量と比例する等の相関があるデータであり、例えば室内の執務者の人員数の時間変化、すなわち執務者の在室パターン $P_{o.c.c.}$ である。

40

【0047】

(3)既知パラメータは、設備設計時の情報や文献データ等によりあらかじめユーザが設定可能な既知のパラメータであり、外気 CO_2 濃度 ρ_{CO_2O} 、1人当たりの人体発生エンタルピ量 $Q_{o.c.c.}$ 、 CO_2 発生量 $M_{o.c.c.}$ 、人体発生エンタルピにおける潜熱の割合 $SHF_{o.c.c.}$ 、空気密度 ρ である。なお、設計パラメータのいずれかが、設備設計時の情報等により既知の値を持つ場合は、このパラメータを既知パラメータに分類してもよい。

50

【0048】

図2のモデルパラメータ学習部14は、データ記憶部15に記憶された学習用入力データを用いて複数の物理モデルを統合的に学習するものである。はじめに、室内環境モデルのパラメータの学習が行われる際に、例えば学習対象期間（例えば1週間）の間、空調設備2の運転が行われ、学習対象期間における運転データ及び計測データが取得されデータ記憶部15に記憶される。モデルパラメータ学習部14は、学習対象期間における運転データ及び計測データを学習用入力データとして用いて、室内環境モデルのパラメータの学習を行う。

【0049】

さらに、データ記憶部15には、パラメータ学習に用いられる学習条件が記憶されている。学習条件は、対象とする空調システムに関する機器情報、パラメータの学習に用いる運転計測データの所定の期間（例えば1週間）、学習の終了条件等である。なお、終了条件としては、所定のCO₂濃度予測の精度が所定の精度に到達したか、所定の改善率に到達したか、学習時間が所定の最大学習時間に到達したか、学習の繰り返し回数が所定の最大繰り返し回数に到達したか、などが例としてある。これらの終了条件は、学習条件で与えられる。その後、学習結果がデータ記憶部15に記憶される。ユーザは、対象建物番号、学習期間などの学習条件を設定し、モデルパラメータ学習部14はデータ記憶部15から必要な学習用入力データを抽出する。

【0050】

さらに、データ記憶部15には、空調機器の性能を表す空調機器特性データが記憶されている。なお、空調機器特性データはユーザにより登録されたものでもよいし、運転データから推定されたものでもよい。このうち、空調機器特性データは、上述したように運転データ取得部11において空調機が供給（除去）する熱量が得られず、室外機の運転周波数等から熱量を計算する必要がある場合は、各室外機の運転周波数、蒸発温度、凝縮温度と供給熱量の関係を含むものである。

【0051】

上述のように、式（6）～式（10）の室内環境モデルに含まれる各種パラメータは3つに分類され、式（6）～式（10）の温度モデル、湿度モデル及びCO₂モデルには、それぞれ共通するパラメータが含まれている。モデルパラメータ学習部14は、複数の物理モデル（室内温度モデル、室内湿度モデル及びCO₂モデル）の共通のパラメータについて、各パラメータの分類毎に統合的に学習する。具体的には、モデルパラメータ学習部14は、複数の物理モデルにおける設計パラメータの学習を行う設計モデルパラメータ学習部14aと、複数の物理モデルにおける運転パラメータの学習を行う運用モデルパラメータ学習部14bとを有する。

【0052】

換言すると、モデルパラメータ学習部14は、複数の物理モデルのすべてに共通して含まれるパラメータおよび熱のパラメータを含む物理モデル（例えば室内温度モデル）と、複数の物理モデルのすべてに共通のパラメータおよび水分のパラメータを含む物理モデル（例えば室内湿度モデル）と、複数の物理モデルのすべてに共通のパラメータおよびCO₂濃度のパラメータを含む物理モデル（例えばCO₂モデル）とを連立して解き、収束計算を行うことにより全ての物理モデルに含まれる全てのパラメータを同時に決定してモデルを学習する。

【0053】

（設計モデルパラメータ学習部14a）

設計モデルパラメータ学習部14aは、上記3つに分類されるパラメータのうち、設計パラメータの学習を行うものである。はじめに、設計モデルパラメータ学習部14aは、室内環境モデルの設計パラメータを所定の値に設定するとともに、運用パラメータ（在席率）を所定の値に固定する。その状態で、設計モデルパラメータ学習部14aは、データ記憶部15に記憶されている学習用入力データ及び既知データを式（6）～式（10）のそれぞれに入力する。すなわち、過去の所定の期間の実測データである空気調和装置2A

10

20

30

40

50

の運転データから計算される空調機供給熱量および換気装置 2 B の運転データから計算される換気量パターンと日射量、外気温、外気湿度が、室内環境モデルに入力される。すると、式 (6) ~ 式 (10) に示す室内環境モデルから室内温度、室内湿度及び CO_2 濃度の時間変化が出力される。

【0054】

次に、設計モデルパラメータ学習部 14 a は、室内環境モデルの出力結果と、センサ群 3 において実測された所定の期間における室内温度、湿度および CO_2 濃度とを比較し評価する。この際、設計モデルパラメータ学習部 14 a は、例えば室内環境モデルの出力結果と実測データとの二乗平均平方根誤差 (RMSE) を、所定の値の設計パラメータの評価値として算出する。

10

【0055】

次に、設計モデルパラメータ学習部 14 a は、設計パラメータに分類される複数のパラメータのうち、少なくとも 1 つのパラメータの値を変化させる。その後、設計モデルパラメータ学習部 14 a は、設計パラメータを変更した後の室内環境モデルに学習用入力データ及び既知データを入力することにより、室内温度、湿度及び CO_2 濃度の出力結果を得る。設計モデルパラメータ学習部 14 a は、所定の期間における室内温度、湿度および CO_2 濃度の実測データとの二乗平均平方根誤差 (RMSE) を変更後の設計パラメータの評価値として算出する。

【0056】

設計モデルパラメータ学習部 14 a は、設計パラメータの変更前の評価値と、設計パラメータの変更後の評価値とを比較する。設計パラメータの変更後の評価値が、変更の評価値より小さい場合、変化後の設計パラメータは最適化された値であると判断し、設計パラメータの値を更新する。一方、設計パラメータの変更後の評価値が前回の所定の値の評価値以上である場合、前回の設計パラメータは最適化された値であると判断し、設計パラメータの値を維持する。このように、設計モデルパラメータ学習部 14 a は、評価値に基づく収束計算を行いながら、設計パラメータを学習して最適化を行う。

20

【0057】

設計モデルパラメータ学習部 14 a は、室内温度モデル、室内湿度モデル及び CO_2 モデルの設計パラメータをそれぞれ個別に学習するのではなく統合的に学習する。つまり、同一の設計パラメータを用いて室内温度モデル、室内湿度モデル及び CO_2 モデルの 3 つの物理モデルが同時に学習されることになる。

30

【0058】

設計モデルパラメータ学習部 14 a は、設計パラメータの変更、評価及び更新を設定繰返回数だけ行う。この際、各運用パラメータの値には設備設計時の情報や文献値等である程度妥当な値に基づいて、上限値及び下限値が学習条件として設定されている。運用モデルパラメータ学習部 14 b は、設計パラメータが上限値及び下限値を逸脱しないように学習を行う。

【0059】

(運用モデルパラメータ学習部 14 b)

運用モデルパラメータ学習部 14 b は、上記 3 つに分類される室内環境モデルのパラメータのうち、運用パラメータの学習を行うものである。はじめに、運用モデルパラメータ学習部 14 b は、室内環境モデルの運用パラメータを所定の値に設定するとともに、設計パラメータを所定の値に固定する。その状態で、運用モデルパラメータ学習部 14 b は、データ記憶部 15 に記憶されている学習用入力データ及び既知データを式 (6) ~ 式 (10) のそれぞれに入力する。すなわち、過去の所定の期間の実測データである空気調和装置 2 A の運転データから計算される空調機供給熱量および換気装置 2 B の運転データから計算される換気量パターンと日射量、外気温、外気湿度が、室内環境モデルに入力される。すると、式 (6) ~ 式 (10) から室内温度、室内湿度及び CO_2 濃度の時間変化が出力される。

40

【0060】

50

次に、運用モデルパラメータ学習部 14 b は、室内環境モデルの出力結果と、センサ群 3 において実測された所定の期間における室内温度、湿度および CO_2 濃度とを比較し評価する。この際、運用モデルパラメータ学習部 14 b は、例えば室内環境モデルの出力結果と実測データとの二乗平均平方根誤差 (RMSE) を、所定の値の運用パラメータの評価値として算出する。

【0061】

次に、運用モデルパラメータ学習部 14 b は、運用パラメータに分類される複数のパラメータのうち、少なくとも 1 つのパラメータの値を変化させる。具体的には、運用モデルパラメータ学習部 14 b は、上記在室パターンのうち、少なくとも 1 つの時刻の在室率の値を変化させる。その後、運用モデルパラメータ学習部 14 b は、運用パラメータを変更した後の室内環境モデルと学習用入力データ及び既知データに基づいて、室内温度、湿度及び CO_2 濃度の出力結果を得る。そして、設計モデルパラメータ学習部 14 a は、所定の期間における室内温度、湿度および CO_2 濃度の実測データとの二乗平均平方根誤差 (RMSE) を変更後の運用パラメータの評価値として算出する。

10

【0062】

運用モデルパラメータ学習部 14 b は、運用パラメータの変更前の評価値と、運用パラメータの変更後の評価値とを比較する。運用パラメータの変更後の評価値が、変更前の評価値より小さい場合、変化後の運用パラメータは最適化された値であると判断し、運用パラメータの値を更新する。一方、運用パラメータの変更後の評価値が前回の所定の値の評価値以上である場合、前回の運用パラメータは最適化された値であると判断し、運用パラメータの値を維持する。

20

【0063】

運用モデルパラメータ学習部 14 b は、室内温度モデル、室内湿度モデル及び CO_2 モデルの運用パラメータをそれぞれ個別に学習するのではなく統合的に学習する。つまり、同一の運用パラメータを用いて室内温度モデル、室内湿度モデル及び CO_2 モデルの 3 つの物理モデルが同時に学習されることになる。

【0064】

運用モデルパラメータ学習部 14 b は、設計パラメータの変更、評価及び更新を設定繰返回数だけ行う。この際、各運用パラメータの値には設備設計時の情報や文献値等である程度妥当な値に基づいて、上限値及び下限値が学習条件として設定されている。運用モデルパラメータ学習部 14 b は、運用パラメータが上限値及び下限値を逸脱しないように学習を行う。このように、運用モデルパラメータ学習部 14 b は、温度モデル、湿度モデル及び CO_2 モデルの運用パラメータをそれぞれ個別に学習するのではなく統合的に学習する。

30

【0065】

なお、設計パラメータ及び運用パラメータの学習において、評価値として二乗平均平方根誤差 (RMSE) が用いられる場合について例示しているが、これとは異なる指標により評価してもよい。また、運用パラメータの学習において、在室パターン P_{occ} は、対象とするビルの実運用状態によって、複数のパターンが変更後のパターンとして用意されていてもよい。例えば、平日と休日は異なるパターンとする、毎週水曜日が定時退社日である場合は月火木金と水は異なるパターンとする、などとしてよい。休日は CO_2 発生源となる執務者の在室率が極めて小さい場合や、換気装置 2 B の省エネ制御の効果が小さい場合等、学習する効果が小さい場合には、学習の対象外としてもよい。さらに、モデルパラメータ学習部 14 で行われる換気量パターンの計算については、例えば、換気装置 2 B の運転データのパターンが強・中・弱・停止で与えられるとき、この運転データのパターンと換気装置の定格風量とから計算するなどすればよい。

40

【0066】

(室内環境モデルのパラメータ学習の処理フロー)

図 4 は図 2 の室内環境モデル作成装置の動作例を示すフローチャートであり、図 1 ～ 図 4 を参照して室内環境モデル装置による室内環境モデルの学習工程について説明する。は

50

じめに、運転データ取得部 11 において、空調設備 2 が運転した際の学習対象期間（例えば 1 週間分）の運転計測データが取得されデータ記憶部 15 に記憶される（ステップ S T 1）。また、空調設備 2 の空調特性データがデータ記憶部 15 に記憶される（ステップ S T 2）。さらに、室内環境モデルを学習する際の学習条件がデータ記憶部 15 に記憶される（ステップ S T 3）。

【0067】

そして、モデルパラメータ学習部 14 において、データ記憶部 15 に記憶された運転計測データ、空調特性データ及び学習条件に基づいて、室内環境モデルの学習が行われる（ステップ S T 4）。なお、室内環境モデルの学習の実行は、管理者等による手動での実行でもよいし、データ収集完了後に自動的に実行されてもよい。その後、学習が行われた室内環境モデルは、データ記憶部 15 に記憶されるとともに、モデルデータベース 22 に記憶される（ステップ S T 5）。

10

【0068】

図 5 は図 4 における室内環境モデルの学習工程の一例を示すフローチャートである。図 5 において、データ記憶部 15 に記憶されている学習用入力データ（過去の運転計測データ）、学習条件及び空調設備特性データがデータ記憶部 15 から読み込まれる（ステップ S T 11）。その後、設計モデルパラメータ学習部 14 a において、式（6）～式（10）に運用パラメータ（在室パターン P_{occ} ）が固定され、設計パラメータの学習が行われる（ステップ S T 12）。この際、設計モデルパラメータ学習部 14 a において、運用パラメータの値の変更が複数回繰り返されて、設計パラメータの学習が行われる。

20

【0069】

その後、運用モデルパラメータ学習部 14 b において、式（6）～式（10）に設計パラメータが固定値され、運用パラメータの学習が行われる（ステップ S T 13）。運用モデルパラメータ学習部 14 b の説明で述べた在室率の変更は、複数回繰り返して学習が行われる（ステップ S T 14）。そして、モデルパラメータ学習部 14 において、設計パラメータ及び運用パラメータの学習について、例えば繰り返し回数等の終了条件を満たしているか否かが判定され、学習の終了条件を満たしている場合に、学習済みの室内環境モデルがデータ記憶部 15 に記憶される。

【0070】

上記実施の形態によれば、室内環境モデルに含まれる複数の物理モデルを統合的に学習することにより、物理現象に即した精度の高い室内環境モデルを得ることができる。すなわち、室内環境モデルにより予測される温度、湿度及び CO_2 濃度は共通する原因因子により変動する。そこで、モデルパラメータ学習部 14 が共通する原因因子をパラメータとして含む複数の物理モデルが統合的に学習する。これにより、予め建物固有のパラメータの設定を行うことなく、現実 に即した室内環境モデルを得ることができる。さらに、各建物の熱特性パラメータや位置情報並びに詳細な建物仕様（例えば窓面積や屋根面積等）を入力することなく、物理式に基づいた室内環境モデルを作成することができる。

30

【0071】

また、複数の運転データ及び計測データを用いて室内環境モデルが学習されているため、単一データに含まれる誤差に影響されることなく、精度の高い室内環境モデルを構築することができる。

40

【0072】

さらに、室内環境モデルを学習する際に、建物・空調機器に関する一般的指標や設計時の情報から予め適切な上下限值を与えること場合、個別の建物の温度、湿度、 CO_2 濃度特性パラメータを学習することができる。

【0073】

また、室内における温度、湿度、 CO_2 濃度に影響を与える因子には在室者数、換気風量、隙間風量および建物形状等があり、これらが室内における各物理量を表す共通のパラメータとなることから、複数の物理モデルからなる室内環境モデルを統合的に学習することで予めパラメータを入力することなしに、物理現象に即した精度の高い汎用的な室内環

50

境モデルを得ることができる。

【0074】

さらにモデルパラメータ学習部14が、複数の物理モデルにおける運用パラメータの値を固定させた状態で設計パラメータの値を変化させながら、複数の物理モデルにおける設計パラメータの学習を同時に行う設計モデルパラメータ学習部14aと、複数の物理モデルにおける設計パラメータの値を固定させた状態で運用パラメータの値を変化させながら、複数の物理モデルにおける運用パラメータの学習を同時に行う運用モデルパラメータ学習部14bとを備えた場合、異なる因子毎に学習が行われることになるため、より精度の高いモデルを得ることができる。

【0075】

本発明の実施の形態は、上記実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲で例えば以下のように種々変形実施可能である。図5において、設計パラメータの学習が行われた後に、運用パラメータの学習が行われる場合について例示しているが、実行順は逆でもよく、運用パラメータの学習が行われた後に、設計パラメータの学習が行われてもよい。

【0076】

また、運用パラメータの学習の際の繰り返し回数と、設計パラメータの際の学習の繰り返し回数は同一でなくてもよい。さらに、設計モデルパラメータ学習部14a及び運用モデルパラメータ学習部14bにおける学習の繰り返し回数は、学習条件に含まれる終了条件（ループ回数）に応じて変更してもよい。例えば、学習条件による繰り返し回数が進むにつれて、設計モデルパラメータ学習部14a及び運用モデルパラメータ学習部14bにおける徐々に繰り返し回数を固定比率や確率的な比率で増加もしくは減少させてもよいし、所定回数ごとに繰り返し回数を増加もしくは減少させてもよい。

【0077】

また、室内環境モデルのパラメータの学習を行うタイミングは、適宜設定することができる。例えば室内環境モデル作成装置10による室内環境モデルの作成は導入時に1回実行する。この際、室内環境モデルの作成は室内環境モデルを学習するために必要なデータの収集（例えば1週間分のデータの収集）が完了した後に実行される。1週間は一例であり、モデルに要求される精度、データ記憶部15の記憶容量等に応じて期間を設定すればよく、例えば1日分のデータであってもよいし、2週間分や1か月分等のデータであってもよい。このように、室内環境モデル作成装置10の導入時に1回、通常は日々変化することのない建物の設計データや、オフィスビルでは通常多くの日で似通っている在室パターンを決定する。また、室内環境モデルの作成の実行は、管理者等による手動での実行でもよいし、データ収集完了後の自動での実行でもよい。

【0078】

なお、室内環境モデル作成装置10は、室内環境モデルの作成を定期的に実行されてもよい。例えば、1日に1回の学習が実行され、室内環境モデルが更新されてもよい。これにより、現実には日々変化する在室パターンを直近のデータを用いて学習でき、より実情に即した在室パターンを学習することができる。また、設計パラメータについても、データフィッティングによる学習結果の誤差を改善することも期待できる。すなわち、日々、直前の状況に近いモデルに更新されることになる。上記では1日1回としたが、これは一例であり、1か月に1回、季節の変わり目等に行ってもよい。また、在室パターンが大きく変化することが予想されるフロアのレイアウトや組織変更等に合わせて、不定期に実行してもよい。

【0079】

これら実行をどの時点で行うかに関する情報は、データ記憶部15に学習条件として記憶しておく。例えば、1日1回、翌日が平日のときのみ、21時に自動で実行する等を記憶する。また、学習に用いるデータの期間や時間刻みは毎回同じである必要はない。例えば、導入時の実行では1週間分のデータを用いて学習し、1日1回の実行では1日分のデータを用いて学習するなどとしてもよい。また、図1の室内環境モデル作成装置10と空

10

20

30

40

50

調制御装置 20 とが同一のハードウェア（コンピュータ等）から構成されている場合、室内環境モデル作成装置 10 のデータ記憶部 15 と空調制御装置 20 のモデルデータベース 22 とが一体に形成されていてもよい。

【0080】

さらに、モデルパラメータ学習部 14 は、データ記憶部 15 に記憶された学習用入力データと計測データとを用いて複数の物理モデルを統合的に学習するものであればよく、上述のように、すべての物理モデルを統合的に全てのパラメータを同時に決定してモデルを学習する場合に限定されない。例えば、モデルパラメータ学習部 14 は、はじめに複数の物理モデル（例えば室内温度モデル、室内湿度モデル及び CO₂ モデル）の一部の物理モデル（例えば室内温度モデル）を学習の対象として、複数の物理モデルの全てに共通して含まれるパラメータ及び対象の物理モデルに固有に含まれるパラメータを学習する。その後、モデルパラメータ学習部 14 は、残りの複数の物理モデル（例えば室内湿度モデル及び CO₂ モデル）の学習の際には物理モデルのすべてに共通のパラメータの値をはじめに学習した値とし、残りのそれぞれの物理モデルに含まれる固有のパラメータのみを学習するようにしてもよい。このように、モデルパラメータ学習部 14 は、複数の物理モデルの全てに共通のパラメータ及びそれぞれの物理モデルに固有に含まれるパラメータを、3 段階以上（3 つの物理モデル毎）に分けて学習するようにしてもよい。

10

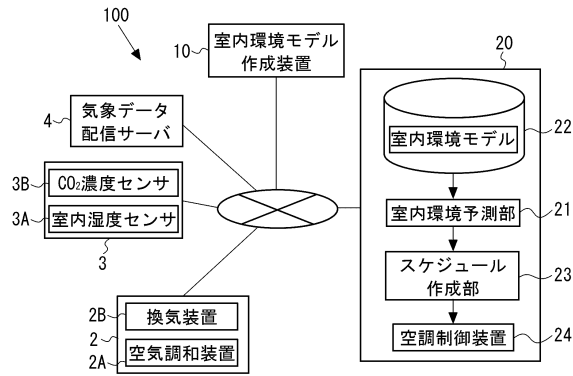
【符号の説明】

【0081】

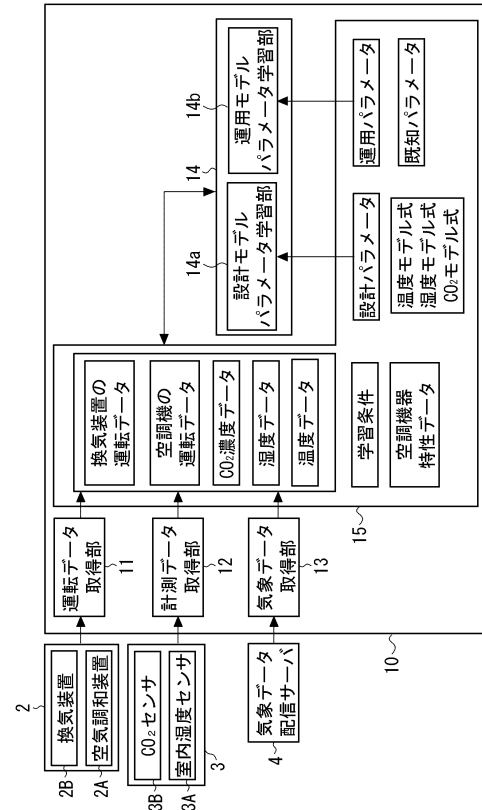
1 空調制御システム、2 空調設備、2A 空気調和装置、2B 換気装置、3 センサ群、3A 室内湿度センサ、3B CO₂ 濃度センサ、4 気象データ配信サーバ、10 室内環境モデル作成装置、11 運転データ取得部、12 計測データ取得部、13 気象データ取得部、14 モデルパラメータ学習部、14a 設計モデルパラメータ学習部、14b 運用モデルパラメータ学習部、15 データ記憶部、20 空調制御装置、21 室内環境予測部、22 モデルデータベース、23 スケジュール作成部、24 空調制御部。

20

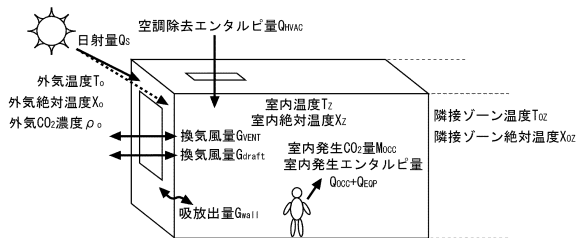
【図 1】



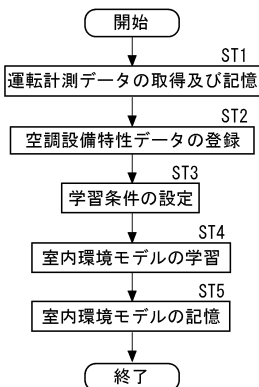
【図 2】



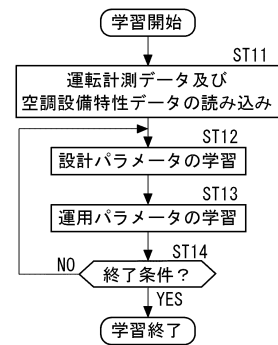
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
F 2 4 F 110/00 (2018.01)

(72)発明者 山本 隆也
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 阿部 潤

(56)参考文献 国際公開第2014/171314 (WO, A1)
国際公開第2014/174871 (WO, A1)
特開2011-214794 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G 0 6 Q 1 0 / 0 0 - 9 9 / 0 0
F 2 4 F 1 1 / 0 2