

明 細 書

発明の名称：

空調設備の制御装置、空調設備の制御方法、およびプログラム

技術分野

[0001] 本開示は、空調設備の制御装置、空調設備の制御方法、およびプログラムに関する。本願は、2023年8月21日に日本に出願された特願2023-133892号について優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] IT機器（たとえばサーバや通信装置）などの発熱体を多数配置した施設（たとえばサーバ室）では、発熱体を冷却するための空調設備が設けられている（特許文献1～2を参照）。このような空調設備は、電力効率などを考慮して、季節毎に設定条件（温度など）を変更することが一般的である。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：日本国特許第5801732号公報
特許文献2：特開2023-26104号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 従来の空調設備の制御方法においては、ある一つの季節においては、設定条件が一定となる。しかしながら、発熱体の熱負荷（発熱体の発熱による室温の上昇など）は季節のみならず、時間帯などによっても変化する。したがって、現実には、一日のなかでも本来の理想の設定条件は時々刻々と変化していく。

[0005] 本開示の目的は、時々刻々と変化する熱負荷に応じて空調設備を最適な設定条件で運転することができる空調設備の制御装置、空調設備の制御方法、およびプログラムを提供することにある。

課題を解決するための手段

- [0006] 本開示の一態様によれば、空調設備の制御装置は、複数の発熱体が配置された施設に設けられた空調機を含む空調設備の制御装置であって、前記施設の所定位置で計測した温度を含む計測値と、前記空調機の設定温度を含む前記空調設備の設定条件とを取得する取得部と、前記計測値および前記設定条件を説明変数とし、前記発熱体の発熱による熱負荷を目的変数とするモデルを用いて、複数の設定条件候補それぞれに対応する将来の熱負荷を予測する予測部と、前記設定条件候補のうち、前記熱負荷の基準値または基準範囲を規定した環境条件を満たす予測値が得られた設定条件候補を選択し、選択した設定候補条件に基づき前記空調設備を制御する制御部と、を備える。
- [0007] 本開示の一態様によれば、空調設備の制御方法は、複数の発熱体が配置された施設に設けられた空調機を含む空調設備の制御方法であって、前記施設の所定位置で計測した温度を含む計測値と、前記空調機の設定温度を含む前記空調設備の設定条件とを取得するステップと、前記計測値および前記設定条件を説明変数とし、前記発熱体の発熱による熱負荷を目的変数とするモデルを用いて、複数の設定条件候補それぞれに対応する将来の熱負荷を予測するステップと、前記設定条件候補のうち、前記熱負荷の基準値または基準範囲を規定した環境条件を満たす予測値が得られた設定条件候補を選択し、選択した設定候補条件に基づき前記空調設備を制御するステップと、を有する。
- [0008] 本開示の一態様によれば、プログラムは、複数の発熱体が配置された施設に設けられた空調機を含む空調設備の制御装置に、前記施設の所定位置で計測した温度を含む計測値と、前記空調機の設定温度を含む前記空調設備の設定条件とを取得するステップと、前記計測値および前記設定条件を説明変数とし、前記発熱体の発熱による熱負荷を目的変数とするモデルを用いて、複数の設定条件候補それぞれに対応する将来の熱負荷を予測するステップと、前記設定条件候補のうち、前記熱負荷の基準値または基準範囲を規定した環境条件を満たす予測値が得られた設定条件候補を選択し、選択した設定候補

条件に基づき前記空調設備を制御するステップと、を実行させる。

発明の効果

[0009] 上記態様によれば、時々刻々と変化する熱負荷に応じて空調設備を最適な設定条件で運転することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]第1の実施形態に係る空調システムの全体構成を示す図である。

[図2]第1の実施形態に係る制御装置の機能構成を示すブロック図である。

[図3]第1の実施形態に係る制御装置の処理の一例を示すフローチャートである。

[図4]第1の実施形態に係るモデルの一例を示す図である。

[図5]第1の実施形態に係る制御装置の機能を説明するための図である。

発明を実施するための形態

[0011] <第1の実施形態>

以下、図面を参照しながら実施形態について詳しく説明する。

[0012] (全体構成)

図1は、第1の実施形態に係る空調システムの全体構成を示す図である。

図1に示すように、空調システム1は、複数の発熱体2と、空調設備3と、制御装置10とを備えている。

[0013] 発熱体2は、たとえば施設R内に配置されたサーバや通信装置などのIT機器である。施設Rはサーバ室などである。発熱体2は、外部から冷たい空気を取り込み、発熱体2が発生させた熱により熱された空気を排出するファン20を有している。図1に示すように、発熱体2は、紙面の左右方向に並べられるとともに、通路を挟んで紙面の上下方向に並べて配置される。このとき、紙面の上下方向については、各発熱体2のファン20の吸気側同士、排気側同士が向き合うように配置される。ファン20の吸気側が配置された通路をコールドアイルCA、排気側が入りされた通路をホットアイルHAとも記載する。

[0014] また、発熱体2には、発熱体2（ファン20）の吸気温度を計測する吸気

温度センサ 2 1 と、排気温度を計測する排気温度センサ 2 2 とが設けられている。なお、他の実施形態では、吸気温度センサ 2 1 および排気温度センサ 2 2 に代えて、若しくはこれらに追加して、発熱体 2 が有する CPU や GPU などの温度（以下、総称して CPU 温度とも記載する）を計測する温度センサが設けられていてもよい。

[0015] 空調設備 3 は、少なくとも 1 つの空調機 3 0 を有している。空調機 3 0 は、施設 R 内の空気を吸い込み、不図示の熱交換器により冷却して施設 R 内に排出する。空調機 3 0 の台数は、施設 R の広さや、発熱体 2 の数などに応じて任意に変更してよい。

[0016] また、空調機 3 0 には、吸い込む空気の温度を計測する吸込温度センサ 3 1 と、排出する空気（冷却した空気）の温度を計測する排出温度センサ 3 2 とが設けられている。

[0017] 空調設備 3 は、少なくとも 1 つの加湿器 3 5 をさらに備えていてもよい。加湿器 3 は、施設 R 内の湿度を調節する。加湿器 3 5 の台数は、施設 R の広さなどに応じて任意に変更してよい。

[0018] なお、発熱体 2 が有するファン 2 0 も、空調設備 3 の一つとして利用してよい。

[0019] また、施設 R には、施設 R の室温を計測する温度センサ 5 1、および施設 R の湿度を計測する湿度センサ 5 2 が設けられている。

[0020] 制御装置 1 0 は、施設 R 内の環境が予め規定された環境条件を満たすように、空調設備 3 を制御する。環境条件は、詳しくは後述するが、たとえば施設 R の室温、施設 R の湿度などの目標値である。

[0021] （制御装置の機能構成）

図 2 は、第 1 の実施形態に係る制御装置の機能構成を示すブロック図である。

図 2 に示すように、制御装置 1 0 は、プロセッサ 1 1 と、メモリ 1 2 と、ストレージ 1 3 と、通信インタフェース 1 4 とを備えている。

[0022] プロセッサ 1 1 は、所定のプログラムに従って動作することにより、制御

装置 1 0 に種々の機能を発揮させる。プロセッサ 1 1 の機能については後述する。

- [0023] メモリ 1 2 は、プロセッサ 1 1 の動作に必要なメモリ領域を有する。
- [0024] ストレージ 1 3 は、いわゆる補助記憶装置であって、例えば、HDD (Hard Disk Drive)、SSD (Solid State Drive) などである。ストレージ 1 3 には、プロセッサ 1 1 の各部が処理中に取得、生成、参照するデータなどが格納される。
- [0025] 通信インタフェース 1 4 は、各センサや空調設備 3 (空調機 3 0、加湿器 3 5) との間で各種データ (計測値) や制御信号などの送受信を行うためのインタフェースである。
- [0026] 次に、プロセッサ 1 1 の機能について説明する。プロセッサ 1 1 は、予め用意されたプログラムに従って動作することで、取得部 1 1 1、予測部 1 1 2、制御部 1 1 3、学習部 1 1 4 としての機能を発揮する。
- [0027] 取得部 1 1 1 は、各センサの計測値を取得する。
- [0028] センサの計測値は、たとえば施設 R の所定位置で計測した温度である。施設 R の所定位置で計測した温度とは、温度センサ 5 1 が計測した施設 R の室温、吸込温度センサ 3 1 が計測した空調機 3 0 の吸込温度、排出温度センサ 3 2 が計測した空調機 3 0 の排出温度、吸気温度センサ 2 1 が計測した発熱体 2 (ファン 2 0) の吸気温度、排気温度センサ 2 2 が計測した発熱体 2 (ファン 2 0) の排気温度、発熱体の温度 (CPU 温度) のうち少なくとも 1 つである。また、センサの計測値は、空調設備 3 が加湿器 3 5 を有している場合、湿度センサ 5 2 が計測した施設 R の湿度をさらに含んでもよい。
- [0029] 予測部 1 1 2 は、計測値および空調設備 3 の設定条件を説明変数とし、発熱体 2 の発熱による熱負荷を目的変数とするモデル M を用いて、複数の設定条件候補それぞれに対応する将来の熱負荷を予測する。モデル M は、後述の学習部 1 1 4 により予め学習済みのモデルである。
- [0030] 空調設備 3 の設定条件は、たとえば空調機 3 0 の設定温度を含む。また、空調設備 3 の設定条件は、空調機 3 0 の設定風量を含んでもよい。空調設備

3が複数の空調機30を有している場合、設定条件は空調機30の運用台数を含んでもよい。このとき、設定条件は、運用台数に加えて、各空調機30のON（運用する）／OFF（運用しない）の設定、運用する空調機30それぞれの設定温度および設定風量を含む。

[0031] また、空調設備3が加湿器35を有している場合、設定条件は加湿器の運用台数を含んでもよい。このとき、設定条件は、運用台数に加えて、各加湿器35のON（運用する）／OFF（運用しない）の設定を含む。

[0032] さらに、設定条件は、発熱体2それぞれのファン20の風量または回転数を含んでもよい。

[0033] 熱負荷は、たとえば発熱体2の発熱により影響される施設Rの電力使用効率（Power Usage Effectiveness；PUE）、施設Rの室温、空調機30の吸込温度、空調機30の排出温度、発熱体2（ファン20）の吸気温度、発熱体2（ファン20）の排気温度、発熱体2の温度（CPU温度）のうち少なくとも1つを含む。また、空調設備3が加湿器35を有している場合、熱負荷は施設Rの湿度をさらに含んでもよい。

[0034] 制御部113は、設定条件候補のうち、熱負荷の基準値を規定した環境条件を満たす予測値が得られた設定条件候補を選択し、選択した設定候補条件に基づき空調設備3を制御する。

[0035] 環境条件は、上記した熱負荷の基準値（上限値または下限値）、または基準範囲（下限値から上限値までの範囲）である。各熱負荷の基準値または基準範囲は、発熱体2や空調設備3の台数や配置、仕様などに応じて任意に設定される。

[0036] 学習部114は、各センサの計測値と、空調設備3の設定条件の計測値および設定条件から算出される熱負荷との時系列データを学習データとして、モデルMを機械学習する。学習部114は、学習フェーズにおいて、予め所定数の時系列データを使ってモデルMを学習し、ストレージ13に記録しているものとする。

[0037] さらに、学習部114は、学習フェーズが完了し、運用フェーズに移行し

た後、モデルMの再学習および更新を行う。具体的には、学習部114は、ある評価対象時刻に取得した計測値および設定条件から評価対象時刻の熱負荷の実績値を算出し、過去に予測した評価対象時刻の熱負荷の予測値との誤差に基づいてモデルMを学習して更新する。評価対象時刻は、たとえば現在時刻であるが、過去の時刻（現在時刻からn分前など）であってもよい。

[0038] なお、プロセッサ11が実行する所定のプログラムは、コンピュータ読み取り可能な記録媒体に記憶される。また、コンピュータ読み取り可能な記録媒体とは、磁気ディスク、光磁気ディスク、CD-ROM、DVD-ROM、半導体メモリ等をいう。また、このコンピュータプログラムを通信回線によってコンピュータに配信し、この配信を受けたコンピュータが当該プログラムを実行するようにしてもよい。さらに、このプログラムは、上述した機能の一部を実現するためのものであってもよい。さらに、上述した機能をコンピュータシステムにすでに記録されているプログラムとの組み合わせで実現できるもの、いわゆる差分ファイル（差分プログラム）であってもよい。

[0039] （制御装置の処理フロー）

図3は、第1の実施形態に係る制御装置の処理の一例を示すフローチャートである。

以下、図3を参照しながら制御装置10の処理の詳細について説明する。なお、図3の時点では学習フェーズは完了しているものとする。したがって、図3には、制御装置10の運用フェーズにおける処理が示されている。

[0040] 取得部111は、各センサから現在時刻の計測値を取得する（ステップS01）。

[0041] 次に、制御装置10は、空調設備3の制御（ステップS02）と、モデルMの更新（ステップS03）とを実行する。なお、図3には、ステップS02およびステップS03を並行して実行する例が示されているが、これに限られることはない。他の実施形態では、ステップS02の後にステップS03を実行してもよいし、ステップS03の後にステップS02を実行してもよい。

[0042] まず、空調設備 3 の制御処理 S 0 2 について説明する。予測部 1 1 2 は、ストレージ 1 3 に記録されたモデル M を読み出し、ステップ S 0 1 で取得した現在時刻の計測値と、現在時刻以降に適用される空調設備 3 の設定条件候補とをモデル M に入力し、将来の熱負荷の予測値を出力として得る（ステップ S 2 1）。

[0043] 図 4 は、第 1 の実施形態に係るモデルの一例を示す図である。

本実施形態に係るモデル M は、図 4 に示すように、説明変数を入力とし、目的変数を出力とするニューラルネットワークである。ここでは、説明を簡単にするため、モデル M に入力する説明変数は空調機運用台数、運用する空調機 3 0 それぞれの設定温度、および加湿器運用台数の 3 つの組み合わせからなる設定条件と、施設 R の室温および湿度の 2 つの計測値であるとする。また、モデル M から出力される目的変数は、将来（たとえば 3 0 分後）の熱負荷を表す電力使用効率（PUE）、施設 R の室温、および施設 R の湿度の予測値であるとする。PUE は、施設 R 内全体の消費電力を発熱体 2 の消費電力で割った指標である。PUE の値が小さいほど効率が良いとされる。制御装置 1 0 のストレージ 1 3 には、各時刻における空調機運用台数、空調機設定温度、および加湿器運用台数の実際の設定値と、室温、湿度、PUE の実測値が記録される。また、ストレージ 1 3 に記録されている学習済みのモデル M は、学習フェーズにおいて過去のこれら時系列データを学習データとして機械学習されたものである。

[0044] 図 3 に示す運用フェーズでは、ステップ S 2 1 において、説明変数として、現在時刻の室温および湿度（ステップ S 0 1 で取得した計測値）と、現在時刻以降に適用される設定条件候補（空調機運用台数、空調機設定温度、および加湿器運用台数の組み合わせ）がモデル M に入力される。モデル M から出力される目的変数は、設定条件候補を適用した場合の将来の PUE、室温、湿度の予測値である。つまり、予測部 1 1 2 は、設定条件を変えた場合に将来の熱負荷がどのように変化するかを予測することができる。なお、本実施形態において、予測部 1 1 2 は、複数の設定条件候補をモデル M に入力し

、各設定条件候補に対応する将来熱負荷の予測値を出力として得る。

[0045] 次に、制御部 113 は、設定条件候補および将来の熱負荷の予測値に基づいて、施設 R の環境条件を満たす最適な設定条件を選択する（ステップ S 22）。

[0046] 施設 R の環境条件は、たとえば熱負荷の基準値（上限値または下限値）若しくは基準範囲（上限値から下限値までの範囲）である。上記した例では、熱負荷のうち、室温の基準値（上限値 X 度以下）と、湿度の基準値（下限値 Y % 以上）が満たすべき環境条件として設定されているとする。制御部 113 は、室温および湿度の両方が環境条件を満たし、かつ、PUE が最小となる設定条件候補を、最適な設定条件として選択する（ステップ S 22）。

[0047] 図 5 は、第 1 の実施形態に係る制御装置の機能を説明するための図である。

また、制御部 113 は、図 5 に示すように現在の状態（室温、湿度）における、熱負荷に対する設定条件の感度を示す応答曲面を生成し、応答曲面を用いて最適な設定条件を特定してもよい。図 5 には、各設定条件の組み合わせに対応する（a）PUE 予測値、（b）室温予測値、（c）湿度予測値が示されている。なお、図 5 には設定条件のうち、2 つの空調機 30（空調機 1、2）の設定温度の組み合わせと、熱負荷との対応を表す応答曲面が例示されているが、他の設定条件の組み合わせについても同様の応答曲面が生成される。

[0048] また、一部の熱負荷については、施設 R の環境条件として、予め基準値（上限値または下限値）若しくは基準範囲（上限値から下限値までの範囲）が規定されている。たとえば、室温の基準値 C 1（たとえば X 度以下）と、湿度の基準値 C 2（たとえば Y % 以上）が予め環境条件として規定されているとする。制御部 113 は、図 5 の（b）～（c）に示す室温および湿度の応答曲面と、環境条件（室温の基準値 C 1 および湿度の基準値 C 2）とに基づいて、室温および湿度の両方が環境条件を満たす設定条件候補を絞り込む。また、制御部 113 は、図 5 の（a）に示す PUE の応答曲面を参照して、

絞り込まれた設定条件候補のうち、PUEが最小となる設定条件候補を、最適な設定条件として選択する（ステップS22）。なお、制御部113は、特定した設定条件および対応する熱負荷の予測値をストレージ13に記録する。

[0049] 次に、制御部113は、選択した設定条件に基づいて、空調設備3（空調機30、加湿器35）それぞれに制御信号を出力する（ステップS23）。

[0050] 以上の処理を繰り返し実行することにより、制御装置10は、時々刻々と変化する熱負荷を予測して、空調設備3を最適な設定条件で動作させて動力（電力消費）を最小化することができる。

[0051] また、図3に戻り、学習部114におけるモデルMの更新処理S03について説明する。まず、学習部114は、ステップS01で取得した計測値に基づいて、現在時刻（時刻t）の熱負荷を特定する（ステップS31）。また、ここでは、ステップS02と同様に、熱負荷は施設Rの室温、湿度、およびPUEであるとする。室温および湿度については、ステップS01で取得した計測値をそのまま用いてよい。また、PUEについては、たとえば不図示の電力計で施設R全体の電力消費を発熱体2の電力消費を計測して算出する。

[0052] 次に、学習部114は、過去に予測した「時刻tの熱負荷の予測値」と、「時刻tの熱負荷の実測値」との誤差を学習し、モデルMを更新する（ステップS32）。たとえば、制御部113は、30分後の熱負荷を予測しているとする。この場合、学習部114は、時刻t（現在時刻）から30分前に制御部113が予測した熱負荷の予測値をストレージ13から読み出して、ステップS31で特定した熱負荷の実測値との誤差を求める。そして、学習部114は、たとえばこの誤差からなる評価関数を最小にするように重みを学習して、モデルMを更新する。

[0053] 学習部114は、このように時々刻々とモデルMを再学習して更新することにより、モデルMによる熱負荷の予測精度を向上させることができる。

[0054] （作用、効果）

以上のように、本実施形態に係る空調設備3の制御装置10は、各センサが計測した計測値と、空調設備3の設定条件とを取得する取得部111と、計測値および設定条件を説明変数とし、発熱体2の発熱による熱負荷を目的変数とするモデルMを用いて、複数の設定条件候補それぞれに対応する将来の熱負荷を予測する予測部112と、設定条件候補のうち、環境条件を満たす予測値が得られた設定条件候補を選択し、選択した設定候補条件に基づき空調設備3を制御する制御部113と、を備える。

[0055] このようにすることで、制御装置10は、時々刻々と変化する熱負荷を予測して、空調設備3を最適な設定条件で動作させて動力（電力消費）を最小化することができる。

[0056] また、制御装置10は、評価対象時刻に取得した計測値および設定条件から評価対象時刻の熱負荷の実績値を特定し、特定した熱負荷の実績値と、過去に予測した評価対象時刻の熱負荷の予測値との誤差に基づいてモデルMを学習して更新する学習部114をさらに備える。

[0057] このようにすることで、制御装置10は、発熱体2および空調設備3を運用するほど、モデルMによる熱負荷の予測精度を向上させることができる。

[0058] また、計測値は、施設Rの室温と、空調機30の吸込温度と、空調機30の排出温度と、発熱体2の吸気温度と、発熱体2の排気温度と、発熱体2の温度（CPU温度）とのうち少なくとも1つである。

[0059] このように、制御装置10は、施設Rで計測された様々な温度を利用して、熱負荷の予測および最適な設定条件の選択を行うことができる。つまり、制御装置10は、施設Rや、発熱体2、空調設備3に既設の温度センサを利用することができるので、新たにセンサを導入するためのコストを削減することができる。

[0060] また、設定条件は、空調機30の運転台数と、空調機30の風量と、発熱体2が有するファン20の風量または回転速度とのうち少なくとも1つをさらに含む。

[0061] このようにすることで、制御装置10は、空調機30の台数や機能、発熱

体２のファン２０の仕様などに応じて、様々な設定条件を組み合わせることで空調設備３の制御を行うことができる。また、制御装置１０は、複数の設定条件を組み合わせることで、将来の熱負荷がより適切な状態となるように、空調設備３の制御を細かに行うことができる。

[0062] また、熱負荷は、施設Ｒの室温、空調機３０の吸込温度、空調機３０の排出温度、発熱体２の吸気温度、発熱体２の排気温度、発熱体２の温度（ＣＰＵ温度）のうち少なくとも１つと、施設ＲのＰＵＥとを含み、制御部１１３は、ＰＵＥ以外の熱負荷の予測値が環境条件を満たし、かつ、ＰＵＥの予測値が最小となる設定条件候補を選択する。

[0063] このようにすることで、制御装置１０は、将来の熱負荷がより適切な状態となり、かつ、ＰＵＥが最小となるように空調設備３を制御することができる。

[0064] また、空調設備３は複数の加湿器３５をさらに含み、計測値および熱負荷は施設Ｒの湿度をさらに含み、設定条件は加湿器３５の運転台数をさらに含む。

[0065] このようにすることで、制御装置１０は、施設Ｒ内の温度のみならず、湿度についても適切な状態となるように空調設備３を制御することができる。

[0066] ＜その他の実施形態＞

以上、図面を参照して一実施形態について詳しく説明してきたが、具体的な構成は上述のものに限られることはなく、様々な設計変更等を行うことが可能である。すなわち、他の実施形態においては、上述の処理の順序が適宜変更されてもよい。また、一部の処理が並列に実行されてもよい。

[0067] ＜付記＞

上述の実施形態に記載の空調設備の制御装置、空調設備の制御方法、およびプログラムは、例えば以下のように把握される。

[0068] （１）第１の態様によれば、複数の発熱体２が配置された施設Ｒに設けられた空調機３０を含む空調設備３の制御装置１０は、施設Ｒの所定位置で計測した温度を含む計測値と、空調機３０の設定温度を含む空調設備３の設定条

件とを取得する取得部 111 と、計測値および設定条件を説明変数とし、発熱体 2 の発熱による熱負荷を目的変数とするモデル M を用いて、複数の設定条件候補それぞれに対応する将来の熱負荷を予測する予測部 112 と、設定条件候補のうち、熱負荷の基準値または基準範囲を規定した環境条件を満たす予測値が得られた設定条件候補を選択し、選択した設定候補条件に基づき空調設備 3 を制御する制御部 113 と、を備える。

[0069] このようにすることで、制御装置 10 は、時々刻々と変化する熱負荷を予測して、空調設備 3 を最適な設定条件で動作させて動力（電力消費）を最小化することができる。

[0070] （2）第 2 の態様によれば、第 1 の態様に係る空調設備 3 の制御装置 10 は、評価対象時刻に取得した計測値および設定条件から評価対象時刻の熱負荷の実績値を特定し、特定した熱負荷の実績値と、過去に予測した評価対象時刻の熱負荷の予測値との誤差に基づいてモデルを学習して更新する学習部 114 をさらに備える。

[0071] このようにすることで、制御装置 10 は、発熱体 2 および空調設備 3 を運用するほど、モデル M による熱負荷の予測精度を向上させることができる。

[0072] （3）第 3 の態様によれば、第 1 または第 2 の態様に係る空調設備 3 の制御装置 10 において、施設 R の所定位置で計測した温度は、施設 R の室温と、空調機 30 の吸込温度と、空調機 30 の排出温度と、発熱体 2 の吸気温度と、発熱体 2 の排気温度と、発熱体 2 の温度とのうち少なくとも 1 つである。

[0073] このように、制御装置 10 は、施設 R で計測された様々な温度を利用して、熱負荷の予測および最適な設定条件の選択を行うことができる。つまり、制御装置 10 は、施設 R や、発熱体 2、空調設備 3 に既設の温度センサを利用することができるので、新たにセンサを導入するためのコストを削減することができる。

[0074] （4）第 4 の態様によれば、第 1 から第 3 のいずれか一の態様に係る空調設備 3 の制御装置 10 において、設定条件は、空調機 30 の運転台数と、空調機 30 の風量とのうち少なくとも 1 つをさらに含む。

- [0075] このようにすることで、制御装置 10 は、空調機 30 の台数や機能、発熱体 2 のファン 20 の仕様などに応じて、様々な設定条件を組み合わせることで、将来の熱負荷がより適切な状態となるように、空調設備 3 の制御を行うことができる。また、制御装置 10 は、複数の設定条件を組み合わせることで、将来の熱負荷がより適切な状態となるように、空調設備 3 の制御を細かに行うことができる。
- [0076] (5) 第 5 の態様によれば、第 1 から第 4 のいずれか一の態様に係る空調設備 3 の制御装置 10 において、空調設備 3 は発熱体 2 が有するファン 20 を含み、設定条件はファン 20 の風量または回転速度をさらに含む。
- [0077] (6) 第 6 の態様によれば、第 1 から第 5 のいずれか一の態様に係る空調設備 3 の制御装置 10 において、熱負荷は、施設 R の室温、空調機 30 の吸込温度、空調機 30 の排出温度、発熱体 2 の吸気温度、発熱体 2 の排気温度、発熱体 2 の温度のうち少なくとも 1 つと、施設 R の電力使用効率 (PUE) とを含み、制御部 113 は、電力使用効率以外の熱負荷の予測値が環境条件を満たし、かつ、電力使用効率の予測値が最小となる設定条件候補を選択する。
- [0078] このようにすることで、制御装置 10 は、将来の熱負荷がより適切な状態となり、かつ、PUE が最小となるように空調設備 3 を制御することができる。
- [0079] (7) 第 7 の態様によれば、第 1 から第 6 のいずれか一の態様に係る空調設備 3 の制御装置 10 において、空調設備 3 は複数の加湿器 35 をさらに含み、計測値および熱負荷は施設 R の湿度をさらに含み、設定条件は加湿器の運転台数をさらに含む。
- [0080] このようにすることで、制御装置 10 は、施設 R 内の温度のみならず、湿度についても適切な状態となるように空調設備 3 を制御することができる。
- [0081] (8) 第 8 の態様によれば、複数の発熱体 2 が配置された施設 R に設けられた空調機 30 を含む空調設備 3 の制御方法であって、施設 R の所定位置で計測した温度を含む計測値と、空調機 30 の設定温度を含む空調設備 3 の設定条件とを取得するステップと、計測値および設定条件を説明変数とし、発熱

体2の発熱による熱負荷を目的変数とするモデルMを用いて、複数の設定条件候補それぞれに対応する将来の熱負荷を予測するステップと、設定条件候補のうち、熱負荷の基準値または基準範囲を規定した環境条件を満たす予測値が得られた設定条件候補を選択し、選択した設定候補条件に基づき空調設備3を制御するステップと、を有する。

- [0082] (9) 第9の態様によれば、プログラムは、複数の発熱体2が配置された施設Rに設けられた空調機30を含む空調設備3の制御装置10に、施設Rの所定位置で計測した温度を含む計測値と、空調機30の設定温度を含む空調設備3の設定条件とを取得するステップと、計測値および設定条件を説明変数とし、発熱体2の発熱による熱負荷を目的変数とするモデルMを用いて、複数の設定条件候補それぞれに対応する将来の熱負荷を予測するステップと、設定条件候補のうち、熱負荷の基準値または基準範囲を規定した環境条件を満たす予測値が得られた設定条件候補を選択し、選択した設定候補条件に基づき空調設備3を制御するステップと、を実行させる。

産業上の利用可能性

- [0083] 上記態様によれば、時々刻々と変化する熱負荷に応じて空調設備を最適な設定条件で運転することができる。

符号の説明

- [0084] 1 空調システム
2 発熱体
3 加湿器
10 制御装置
11 プロセッサ
111 取得部
112 予測部
113 制御部
114 学習部
12 メモリ

1 3 ストレージ
1 4 通信インタフェース
2 0 ファン
2 1 吸気温度センサ
2 2 排気温度センサ
3 0 空調機
3 1 吸込温度センサ
3 2 排出温度センサ
3 5 加湿器
5 1 温度センサ
5 2 湿度センサ
C A コールドアイル
H A ホットアイル
M モデル

請求の範囲

- [請求項1] 複数の発熱体が配置された施設に設けられた空調機を含む空調設備の制御装置であって、
- 前記施設の所定位置で計測した温度を含む計測値と、前記空調機の設定温度を含む前記空調設備の設定条件とを取得する取得部と、
- 前記計測値および前記設定条件を説明変数とし、前記発熱体の発熱による熱負荷を目的変数とするモデルを用いて、複数の設定条件候補それぞれに対応する将来の熱負荷を予測する予測部と、
- 前記設定条件候補のうち、前記熱負荷の基準値または基準範囲を規定した環境条件を満たす予測値が得られた設定条件候補を選択し、選択した設定候補条件に基づき前記空調設備を制御する制御部と、
- を備える空調設備の制御装置。
- [請求項2] 評価対象時刻に取得した前記計測値および前記設定条件から前記評価対象時刻の熱負荷の実績値を特定し、特定した前記熱負荷の実績値と、過去に予測した前記評価対象時刻の熱負荷の予測値との誤差に基づいて前記モデルを学習して更新する学習部をさらに備える、
- 請求項1に記載の空調設備の制御装置。
- [請求項3] 前記施設の所定位置で計測した温度は、前記施設の室温と、前記空調機の吸込温度と、前記空調機の排出温度と、前記発熱体の吸気温度と、前記発熱体の排気温度と、前記発熱体の温度とのうち少なくとも1つである、
- 請求項1に記載の空調設備の制御装置。
- [請求項4] 前記設定条件は、前記空調機の運転台数と、前記空調機の風量とのうち少なくとも1つをさらに含む、
- 請求項1に記載の空調設備の制御装置。
- [請求項5] 前記空調設備は前記発熱体が有するファンを含み、
- 前記設定条件は前記ファンの風量または回転速度をさらに含む、
- 請求項1に記載の空調設備の制御装置。

- [請求項6] 前記熱負荷は、前記施設の室温、前記空調機の吸込温度、前記空調機の排出温度、前記発熱体の吸気温度、前記発熱体の排気温度、前記発熱体の温度のうち少なくとも1つと、前記施設の電力使用効率とを含み、
- 前記制御部は、前記電力使用効率以外の前記熱負荷の予測値が前記環境条件を満たし、かつ、前記電力使用効率の予測値が最小となる前記設定条件候補を選択する、
- 請求項1に記載の空調設備の制御装置。
- [請求項7] 前記空調設備は複数の加湿器をさらに含み、
- 前記計測値および前記熱負荷は前記施設の湿度をさらに含み、
- 前記設定条件は前記加湿器の運転台数をさらに含む、
- 請求項1から6のいずれか一項に記載の空調設備の制御装置。
- [請求項8] 複数の発熱体が配置された施設に設けられた空調機を含む空調設備の制御方法であって、
- 前記施設の所定位置で計測した温度を含む計測値と、前記空調機の設定温度を含む前記空調設備の設定条件とを取得するステップと、
- 前記計測値および前記設定条件を説明変数とし、前記発熱体の発熱による熱負荷を目的変数とするモデルを用いて、複数の設定条件候補それぞれに対応する将来の熱負荷を予測するステップと、
- 前記設定条件候補のうち、前記熱負荷の基準値または基準範囲を規定した環境条件を満たす予測値が得られた設定条件候補を選択し、選択した設定候補条件に基づき前記空調設備を制御するステップと、
- を有する空調設備の制御方法。
- [請求項9] 複数の発熱体が配置された施設に設けられた空調機を含む空調設備の制御装置に、
- 前記施設の所定位置で計測した温度を含む計測値と、前記空調機の設定温度を含む前記空調設備の設定条件とを取得するステップと、
- 前記計測値および前記設定条件を説明変数とし、前記発熱体の発熱

による熱負荷を目的変数とするモデルを用いて、複数の設定条件候補それぞれに対応する将来の熱負荷を予測するステップと、

前記設定条件候補のうち、前記熱負荷の基準値または基準範囲を規定した環境条件を満たす予測値が得られた設定条件候補を選択し、選択した設定候補条件に基づき前記空調設備を制御するステップと、
を実行させるプログラム。