

## 明 細 書

発明の名称：

サーバ室を管理するための空調システムおよび空調制御方法

### 技術分野

[0001] 本発明の実施形態は、サーバ室を管理するための空調システムおよび空調制御方法に関する。

### 背景技術

[0002] 近年、様々な分野でＩＴ化が進むにつれ、ネットワークへの接続回線や保守・運用サービスなどを顧客に提供するデータセンターの必要性が高まってきている。

[0003] 一般的に、データセンターなどのようなサーバ室の室内には多数のサーバが設置されているため、室内での発熱量が多い。このため、これらのサーバを正常に稼働させるためには、サーバ室の室内が適切に空調され、所定範囲の環境条件に保たれる必要がある。

[0004] サーバ室のように多数のコンピュータが設置された室内を冷却するための従来技術として、室内の下部空間から吸い込んだ空気を上部空間に吹き出すことにより、空気がサーバラックの上部に吸い込まれるように構成した空調システムがある。

[0005] この従来技術を利用することにより、室内全体の温度勾配を少なくするとともに給気温度のばらつきを少なくして効率のよい空調制御を行うことが可能になる。

### 先行技術文献

### 特許文献

[0006] 特許文献１：特開２００５－１７２３０９号公報（JP 2005-172309 A）

### 発明の概要

[0007] サーバ室のように空調すべき対象の負荷が情報機器である場合、負荷のほとんどが顕熱負荷である、温度と湿度とが一定の目標範囲であればよい、負

荷でCO<sub>2</sub>が発生しないのでCO<sub>2</sub>濃度上昇防止のための換気が不要である、などの一般のビルの状態とは異なる特徴がある。しかし、上記のような従来技術では、これらの特徴に対応した空調制御は行われておらず、無駄なエネルギーを消費している場合があるという問題があった。

[0008] 本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、サーバ室を管理するための空調システムおよび空調制御方法において、省エネルギー効果が高く効率の良い空調制御を行うことが可能な空調システムおよび空調制御方法を提供することを目的とする。

[0009] 上記目的を達成するために、実施形態に係る空調システムは、分離された第1空間と第2空間とを有し、前記第1空間と前記第2空間との間にサーバが設置され前記第1空間に流入した給気が前記サーバの発熱により加熱されて前記第2空間を経由して還気として流出するサーバ室を管理するための空調システムであって、外気の導入量を調整して導入する外気導入装置と、前記サーバ室の第2空間から流出された前記還気の導入量を調整して導入する還気導入装置と、前記外気と前記還気との少なくとも一方を加湿可能な加湿器と、前記外気と前記還気との少なくとも一方を冷却可能な冷却器と、前記加湿器からの前記還気および前記外気と前記冷却器からの前記還気および前記外気とを前記給気として前記第1空間に流入させ前記第2空間から前記還気を流出させる送風機と、外気温度の計測値および外気湿度の計測値を取得する外気状態計測値取得部と前記外気状態計測値取得部で取得された前記外気温度の計測値および前記外気湿度の計測値に基づいて予め設定された温度および絶対湿度および相対湿度の目標範囲内の給気を生成するための制御内容を設定する制御内容設定部と前記制御内容設定部で設定された制御内容に基づいて前記外気の導入量と前記還気の導入量と前記加湿器の制御量と前記冷却器の制御量と前記送風機の送風量とを制御する制御部とを備えた制御装置とを備える。

## 図面の簡単な説明

[0010] [図1]図1は、第1実施形態および第2実施形態に係る空調システムの構成を

示す全体図である。

[図2] 図2は、第1実施形態および第2実施形態に係る空調システムの制御装置の構成を示すブロック図である。

[図3] 図3は、第1実施形態および第2実施形態に係る空調システムの制御装置で分類される外気の状態範囲を空気線図上に示すグラフである。

[図4] 図4は、他の実施形態に係る空調システムで空調制御が行われる際の空気の状態変化を空気線図上に示す説明図である。

[図5] 図5は、他の実施形態に係る空調システムで空調制御が行われる際の空気の状態変化を空気線図上に示す説明図である。

## 実施形態

[0011] 以下、実施形態を、図面を参照しながら詳細に説明する。

[0012] (第1実施形態)

〈第1実施形態に係るサーバ室管理システムの構成〉

第1実施形態に係るサーバ室管理システムの構成について、図1を参照して説明する。

[0013] 第1実施形態に係るサーバ室管理システム1は、データセンター等のサーバ室10と、サーバ室10の空調を行う空調システム20とから構成される。

[0014] サーバ室10には、複数の開口部11aを有する二重床11が設置される。二重床11上には、複数のサーバ(図示せず)を格納した複数のサーバラック12-1~12-4が設置される。サーバ室10では、設置されたサーバ内の送風機またはサーバラック12-1~12-4に設置された送風機の稼働により、図1の矢印で示すように、二重床11の下部に流入した冷気が二重床11上の開口部11aから二重床11の上部に吸入される。このような構成により、サーバ室10では、吸入された冷気がサーバの発熱により加熱されて還気として流出するように気流が発生する。このような気流が発生することにより、二重床11の上部には、サーバラック12-1~12-4に吸入される冷気を含んだ第1空間としてのコールドエリア13と、サーバ

ラック 12-1 ~ 12-4 から吹き出した暖気を含んだ第 2 空間としてのホットエリア 14 とが形成される。このような構成により、サーバで発生した熱が冷気により冷却されて、サーバが正常に稼働可能な状態となる。

[0015] 空調システム 20 は、還気ダクト 21 と、還気温度センサ 22 と、排気用ダンパ 23 と、室内ユニット 24 と、室外ユニット 25 と、給気ダクト 26 と、外気温度センサ 27 と、外気湿度センサ 28 と、制御装置 29 とを備える。

[0016] 還気ダクト 21 は空気を通す管であり、サーバ室 10 のホットエリア 14 と空調システム 20 の室内ユニット 24 とを接続する。

[0017] 還気温度センサ 22 は、ホットエリア 14 から流入した還気の温度を計測し、計測値を制御装置 29 に送信する。

[0018] 排気用ダンパ 23 は、還気ダクト 21 から外部に排出する還気量を、開度により調整する。

[0019] 室内ユニット 24 は、還気導入用ダンパ 241 と、外気導入用ダンパ 242 と、フィルタ 243 と、加湿器 244 と、冷却コイル 245 と、送風機 246 と、給気温度センサ 247 と、給気湿度センサ 248 とを備える。還気導入装置としての還気導入用ダンパ 241 は、還気ダクト 21 から室内ユニット 24 内に導入する還気量を開度により調整する。外気導入装置としての外気導入用ダンパ 242 は、室内ユニット 24 内に導入する外気量を開度により調整する。フィルタ 243 は、外気導入用ダンパ 242 が開状態にされたときに導入される外気および還気導入用ダンパ 241 が開状態にされたときに還気ダクト 21 から導入される還気から塵埃を除去する。加湿器 244 は、フィルタ 243 で塵埃が除去された外気および還気を、必要に応じて加湿する。冷却器としての冷却コイル 245 は、フィルタ 243 で塵埃が除去された外気および還気を、必要に応じて冷却して冷気を生成する。送風機 246 は、加湿器 244 により必要に応じて加湿されるとともに冷却コイル 245 により必要に応じて冷却されて生成された冷気を、給気ダクト 26 からサーバ室 10 の床下を経由してコールドエリア 13 に流入させる。給気温度

センサ 247 は、サーバ室 10 に流入させる給気の温度を計測し、計測値を制御装置 29 に送信する。給気湿度センサ 248 は、サーバ室 10 に流入させる給気の湿度を計測し、計測値を制御装置 29 に送信する。

[0020] 室外ユニット 25 は、冷却コイル 245 に接続され、冷却コイル 245 で冷気を生成する際に利用される冷媒を供給する。

[0021] 給気ダクト 26 は、空気を通す管であり、室内ユニット 24 とサーバ室 10 のコールドエリア 13 に繋がる床下とを接続する。

[0022] 外気温度センサ 27 は、外気温度を計測し、計測値を制御装置 29 に送信する。

[0023] 外気湿度センサ 28 は、外気湿度を計測し、計測値を制御装置 29 に送信する。

[0024] 制御装置 29 は、図 2 に示すように、記憶部 291 と、外気状態計測値取得部 292 と、制御内容設定部 293 と、制御部 294 とを備える。記憶部 291 は、サーバ室 10 への給気の温度および湿度の目標範囲を記憶する。

外気状態計測値取得部 292 は、外気温度センサ 27 で計測された外気温度の計測値、および外気湿度センサ 28 で計測された外気湿度の計測値を取得する。制御内容設定部 293 は、記憶部 291 に記憶された給気の温度および湿度の目標範囲に基づいて、予め設定された温度且つ湿度の範囲内の給気を生成するための制御内容を設定する。制御部 294 は、制御内容設定部 293 で設定された制御内容に基づいて、空調システム 20 内の各機器の動作を制御する。

[0025] 〈第 1 実施形態に係るサーバ室管理システムの動作〉

次に、第 1 実施形態に係るサーバ室管理システム 1 の動作について説明する。

[0026] 第 1 実施形態において、サーバ室管理システム 1 の制御装置 29 の記憶部 291 には、サーバ室 10 への給気の温度および湿度の目標範囲が予め記憶されている。

[0027] 第 1 実施形態においては、サーバ室 10 への給気の温度および湿度の目標

範囲として、米国暖房冷凍空調学会（ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers）の規定（ASHRAE 2008）に従って、温度の目標範囲：18～27℃、絶対湿度の目標範囲：0.0056～0.0107 kg/kg(DA)、相対湿度の目標範囲：60%以下、といった情報が記憶部 291 に記憶されているものとする。

[0028] このように、給気温度および給気湿度の目標範囲が記憶部 291 に記憶されている状態で、制御装置 29 において、各機器の制御が行われるときの動作について説明する。

[0029] まず、外気状態計測値取得部 292 で取得された外気温度および外気湿度の計測値が制御内容設定部 293 で取得される。

[0030] 次に、制御内容設定部 293 において、記憶部 291 に記憶された給気温度および湿度の目標範囲に基づいて、予め設定された温度且つ湿度の範囲内の給気を生成するための制御内容が設定される。制御内容設定部 293 で実行される制御内容の設定処理について、詳細に説明する。

[0031] まず、取得された外気温度および外気湿度の計測値に基づいて、現在の外気の状態が、図 3 に示すように分割された空気線図上のどの領域に該当するかが判定される。ここで、空気線図とは、温度、絶対湿度、相対湿度、エンタルピーなどから湿り空気の状態が分かるようにした線図のことである。

[0032] 図 3 の空気線図では、飽和線  $\times 100$  で表した相対湿度 100%（飽和状態）以下の空気の状態が、上述した温度および湿度の目標範囲で示される値と、温度の目標範囲且つ湿度の目標範囲に該当する範囲の空気状態に対応するエンタルピーの上限値および下限値とに基づいて、以下に示す 5 つの空気状態範囲を示す領域 I～V に分割されている。第 1 実施形態においては、上述した温度の目標範囲且つ湿度の目標範囲に対応するエンタルピーは、上限値が 50 kJ/kg(DA) であり、下限値が 35 kJ/kg(DA) であるものとする。

[0033] 領域 I（第 1 の空気状態範囲）：領域 I は、温度と絶対湿度と相対湿度の目標範囲と同じ範囲、つまり図 3 の空気線図上において下記式（1）を満たす範囲である。

[数 1]

(温度  $T$  :  $18^{\circ}\text{C} \leq T \leq 27^{\circ}\text{C}$ )

$\cap$  (絶対湿度  $X$  :  $0.0056 \text{ kg/kg (DA)} \leq X \leq 0.0107 \text{ kg/kg (DA)}$ )

$\cap$  (相対湿度  $R$  :  $R \leq 60\%$ )      式 (1)

[0034] 領域II (第2の空気状態範囲) : 領域IIは、絶対湿度の目標範囲の下限值未満且つエンタルピーの目標範囲の下限值未満の範囲、つまり空気線図上において下記式 (2) を満たす範囲である。

[数 2]

(絶対湿度  $X$  :  $X < 0.0056 \text{ kg/kg (DA)}$ )

$\cap$  (比エンタルピー  $H$  :  $H < 35 \text{ kJ/kg (DA)}$ )      式 (2)

[0035] 領域III (第3の空気状態範囲) : 領域IIIは、絶対湿度の目標範囲内であり、且つ、温度の目標範囲の下限值未満または相対湿度の目標範囲の上限値以上の範囲、つまり空気線上において下記式 (3) を満たす範囲である。

[数 3]

(絶対湿度  $X$  :  $0.0056 \text{ kg/kg (DA)} \leq X \leq 0.0107 \text{ kg/kg (DA)}$ )

$\cap$  { (温度  $T$  :  $T < 18^{\circ}\text{C}$ )  $\cup$  (相対湿度  $R$  :  $R \geq 60\%$ ) }      式 (3)

[0036] 領域IV (第4の空気状態範囲) : 領域IVは、エンタルピーの目標範囲内であり、且つ、絶対湿度の目標範囲の下限值未満または温度の目標範囲の上限値を超える範囲、つまり空気線上において下記式 (4) を満たす範囲である。

[数 4]

(比エンタルピー  $H$  :  $35 \text{ kJ/kg (DA)} \leq H \leq 50 \text{ kJ/kg (DA)}$ )

$\cap$  { (絶対湿度  $X$  :  $X < 0.0056 \text{ kg/kg (DA)}$ )  $\cup$  (温度  $T$  :  $T > 27^{\circ}\text{C}$ ) }

式 (4)

[0037] 領域V (第5の空気状態範囲) : 領域Vは、上記の領域I~IV以外の範囲である。

[0038] 現在の外気の状態がこれらの領域I~Vのうちいずれの領域に該当するかが判定されると、制御内容設定部293において、外気状態計測値取得部29

2で取得された外気温度および外気湿度の計測値と、還気温度センサ22で計測された還気温度の計測値と、給気温度センサ247で計測された給気温度の計測値と、給気湿度センサ248で計測された給気湿度の計測値とが用いられ、それぞれ領域ごとに以下のように制御内容が設定される。ここで制御対象となるのは、サーバ室10内のサーバから発生する熱による顕熱負荷であり、人の呼気等による潜熱負荷は発生しないものと仮定する。従って、還気湿度は、給気湿度センサ248で計測される給気湿度の計測値と同一であるものとする。

[0039] 領域Iに該当する場合の制御内容：現在の外気の状態が領域Iの範囲内にあるときは、外気をそのまま給気とすることが可能である。このため、排気用ダンパ23を全開にし、還気導入用ダンパ241を閉じ、外気導入用ダンパ242を全開にすることで、外気導入比率 $\alpha = 1$ になるように制御内容が決定される。またこのときは、加湿器244による加湿処理、および冷却コイル245による混合した空気の冷却処理は行われない。

[0040] 領域IIに該当する場合の制御内容：現在の外気の状態が領域IIの範囲内にあるときは、外気に還気を混合することで外気温度を加温するとともに加湿を行うように制御内容が決定される。具体的には、外気導入比率 $\alpha$ に応じて、排気用ダンパ23と還気導入用ダンパ241と外気導入用ダンパ242の開度が0~100%の間で調整されるとともに、加湿器244により必要量の加湿が行われるように制御内容が決定される。

[0041] このとき、給気としての混合後の空気の温度と湿度が、記憶部291に記憶された温度および湿度の目標範囲で予め設定された範囲内の値になるように、外気導入比率 $\alpha$ が外気温度および還気温度の計測値に基づき調整される。

[0042] このようにして、外気導入比率 $\alpha$ が調整されて外気と還気とが混合された空気の絶対湿度 $X$ は、外気絶対湿度の計測値 $X_o$ 、還気絶対湿度の計測値 $X_r$ 、外気導入比率 $\alpha$ を用いると、下記式(5)のように表される。

[数5]

$$X = X_o \times \alpha + X_r \times (1 - \alpha) \quad \text{式 (5)}$$

[0043] このとき、混合された空気の温度と湿度を目標範囲の状態の給気にするには、給気絶対湿度の目標値 $X_{s0}$ と混合された空気の絶対湿度 $X$ との差分 ( $X_{s0} - X$ ) だけの加湿が必要となる。この差分の湿度を上げるために必要な加湿量は、給気流量 $F_s$ を用いると、 $F_s \times (X_{s0} - X)$ となる。そして、この加湿量が供給されるように、加湿器の水量を制御するための弁（図示せず）の制御内容が決定される。このとき、冷却コイル 2 4 5 による混合した空気の冷却処理は行われない。

[0044] なお、外気と還気とを混合後に加湿を行う際の加湿量は上記のように決定されるが、還気の絶対湿度が  $\{X_r + (X - X_{s0}) / (1 - \alpha)\}$  になるようにあらかじめ加湿しておくことにより、混合後の給気の絶対湿度が $X_{s0}$ となるようにしてもよい。この場合、混合後の給気の加湿を不要にすることができる。

[0045] この場合の外気導入比率 $\alpha$ は、外気温度の計測値： $T_o^\circ\text{C}$ 、加湿後の還気温度： $T_{r2}^\circ\text{C}$ 、給気温度の目標値： $T_{s0}^\circ\text{C}$ 、とすると、下記式（6）で表される。

[数 6]

$$\alpha = (T_{r2} - T_{s0}) / (T_{r2} - T_o) \quad \text{式 (6)}$$

[0046] 領域Ⅲに該当する場合の制御内容：現在の外気の状態が領域Ⅲの範囲内にあるときは、外気と還気とを混合することで外気温度を加温するように制御内容が決定される。具体的には、外気導入比率 $\alpha$ に応じて、排気用ダンパ 2 3 と還気導入用ダンパ 2 4 1 と外気導入用ダンパ 2 4 2 の開度とが 0～100 %の間で調整されるように制御内容が決定される。

[0047] この場合の外気導入比率 $\alpha$ は、外気温度の計測値： $T_o^\circ\text{C}$ 、還気温度の計測値： $T_r^\circ\text{C}$ 、給気温度の目標値： $T_{s0}^\circ\text{C}$ 、とすると、下記式（7）で表される。

[数 7]

$$\alpha = (T_r - T_{s0}) / (T_r - T_o) \quad \text{式 (7)}$$

[0048] このとき、加湿器 2 4 4 による加湿処理、および冷却コイル 2 4 5 による混合した空気の冷却処理は行われない。

- [0049] 領域Ⅳに該当する場合の制御内容：現在の外気の状態が領域Ⅳの範囲内にあるときは、外気に加湿を行うように制御内容が決定される。具体的には、排気用ダンパ23を全開にし、還気導入用ダンパ241を閉じ、外気導入用ダンパ242を全開にすることで、外気導入比率 $\alpha = 1$ にされるとともに、加湿器244により必要量の加湿が行われるように制御内容が決定される。
- [0050] この場合、外気絶対湿度の計測値： $X_0$ 、給気絶対湿度の目標値： $X_{s0}$ とすると、必要な加湿量は $X_{s0} - X_0$ である。このとき、加湿に伴って外気温度が $T_0^{\circ}\text{C}$ から $T^{\circ}\text{C}$ に低下する。給気温度の目標値 $T_{s0}^{\circ}\text{C}$ が $T^{\circ}\text{C}$ より低い場合は、外気が給気温度の目標値になるように冷却コイル245により冷却処理が行われるように制御される。
- [0051] 領域Ⅴに該当する場合の制御内容：現在の外気の状態が領域Ⅴの範囲内にあるときは、還気を冷却するように制御内容が決定される。具体的には、排気用ダンパ23を閉じ、還気導入用ダンパ241を全開にし、外気導入用ダンパ242を閉じることで、外気導入比率 $\alpha = 0$ にされるとともに、冷却コイル245により冷却、除湿処理が行われるように制御内容が決定される。このとき、加湿器244による加湿処理は行われない。
- [0052] なお、現在の外気の状態が領域Ⅴの範囲内にあるときでも、サーバ室10内に作業者がおり換気が必要な場合は、一定量の外気を取り入れるように、予め外気導入比率に下限値を設定して制御してもよい。
- [0053] 上述した処理により制御内容設定部293において制御内容が設定されると、制御部294は、設定された制御内容に基づいて、排気用ダンパ23の開度と、還気導入用ダンパ241の開度と、外気導入用ダンパ242の開度と、加湿器244と冷却コイル245の制御量と、送風機246の送風量とを制御する制御信号を生成し、各機器に送信する。このような構成により、空調システム20の制御が行われ、目標範囲内の温度および湿度の給気が生成される。
- [0054] 以上、第1実施形態によれば、外気の状態に応じて空調システム20の制御内容を切り替え、なるべく外気を利用するとともにサーバ管理に適した制

御を行うことで、省エネルギー効果の高いサーバ管理のための空調制御を行うことができる。

[0055] (第2実施形態)

〈第2実施形態に係るサーバ室管理システムの構成〉

第2実施形態に係るサーバ室管理システム2の構成は、第1実施形態に係るサーバ室管理システム1の構成と同様であるため、詳細な説明は省略する。

[0056] 〈第2実施形態に係るサーバ室管理システムの動作〉

第2実施形態に係るサーバ室管理システム2の動作は、制御内容設定部293において制御内容が設定される際に、記憶部291に記憶された温度および湿度の目標範囲内で最適な給気の温度および湿度の目標値が算出され、これらの目標値に基づいて省エネルギー効果の高い制御内容が設定される。

[0057] 第2実施形態における最適な給気温度および給気湿度の目標値として、消費エネルギーが最小となる給気温度および給気湿度の目標値を算出する処理について説明する。

[0058] まず、制御装置29に制御される機器で消費されるエネルギーEは、以下の式(8)で表すことができる。

[数8]

$$E = gco1(Fs \times (\alpha Ho + (1 - \alpha) Hr - Hs)) \\ + gfan(Fs) \\ + ghum(Fw) \quad \text{式(8)}$$

ここで、Fs：給気流量、Fw：加湿用水量、 $\alpha$ ：外気導入比率、Ho：外気の比エンタルピー、Hr：還気の比エンタルピー、Hs：給気の比エンタルピー、gco1：冷却コイルの冷却量と消費エネルギーの関係を示す関数、gfan：給気流量と送風機の消費エネルギーの関係を示す関数、ghum：加湿用水量と加湿器の消費エネルギーの関係を示す関数、である。

[0059] このうち、給水流量Fs、加湿用水量Fw、外気導入比率 $\alpha$ 、外気の比エンタルピーHo（外気温度と外気絶対湿度との計測値より算出）、還気の比エンタルピーHr（還気温度と還気絶対湿度との計測値より算出）、給気の比エンタルピーHs（給気温度と給気絶対湿度との計測値より算出）、gco1：冷却コイルの冷却量と消費エネルギーの関係を示す関数、gfan：給気流量と送風機の消費エネルギーの関係を示す関数、ghum：加湿用水量と加湿器の消費エネルギーの関係を示す関数、である。

ルピーHr（還気温度と給気絶対湿度との計測値より計算）、給気の比エンタルピーHs（給気温度と給気絶対湿度との計測値より計算）は、測定もしくは測定値より計算が可能な量である。ここで空調制御対象となるのは、サーバ室10内のサーバから発生する熱による顕熱負荷であり、人の呼気等による潜熱負荷は発生しないものと仮定する。従って、還気絶対湿度は、給気湿度センサ248で計測される給気湿度の計測値と同一であるものとする。

[0060] また、冷却コイルの冷却量と消費エネルギーの関数を示す関数 $g_{col}$ と、給気流量と送風機の消費エネルギーの関数を示す関数 $g_{fan}$ と、加湿用水量と加湿器の消費エネルギーの関数を示す関数 $g_{hum}$ は、制御装置29を構成する機器の特性を示す関数であり既知である。このため、これらの値により制御装置29で消費されるエネルギーEを算出可能である。

[0061] 第2実施形態に係る制御装置29は、第1実施形態においても説明したように、排気用ダンパ23、還気導入用ダンパ241、および外気導入用ダンパ242の開度により外気導入比率 $\alpha$ を制御する処理と、冷却コイル245により給気の冷却量を制御する処理と、加湿器244により加湿量を制御する処理のいずれか、または複数の処理を組み合わせることで給気温度および給気湿度を制御する。そのために、給気温度および給気絶対湿度の目標値を設定することで、排気用ダンパ23、還気導入用ダンパ241、外気導入用ダンパ242、冷却コイル245、加湿器244の必要制御量が決定される。

[0062] 給気流量 $F_s$ については、還気温度の計測値 $T_r$ 、給気温度の計測値 $T_{s0}$ 、空気の比熱 $C$ 、サーバの発熱量 $Q$ を用いて、下記式（9）により算出される。

[数9]

$$F_s = Q / C / (T_r - T_{s0}) \quad \text{式(9)}$$

[0063] このように考えると、給気温度の目標値 $T_{s0}$ と給気絶対湿度の目標値 $X_{s0}$ と給気流量 $F_s$ とが与えられた場合、必要な消費エネルギーEは上述した式（8）を用いて算出することが可能である。

[0064] つまり、第2実施形態に係る制御装置29を用いたサーバ室10内の空調制御において、理論上必要最小限のエネルギーで稼働するのは、上記式（8

）で算出される消費エネルギーEを最小とする給気温度、給気湿度、給気流量の組み合わせで制御する場合であるといえる。

[0065] そこで、予め諸条件の外気温度、外気湿度、サーバ負荷において、消費エネルギーが最小となるような給気温度の目標値 $T_{s0}$ と給気絶対湿度の目標値 $X_{s0}$ とを算出し、これらの関係を示す外気条件／給気条件関係テーブルを作成して制御内容設定部293に保持しておけばよい。このような構成により、計測された外気の条件およびサーバ負荷から、消費エネルギーが最小となる給気の条件を算出することが可能になる。

[0066] ここで、サーバ負荷Qは、サーバの消費動力を用いて計算してもよいし、下記式(10)を用いて計算してもよい。下記式(10)を用いて計算する場合、制御内容設定部293において、外気条件／給気条件関係テーブルによる給気条件の算出処理前に、このサーバ負荷Qの算出処理が実行されるようにする。

[数10]

$$Q = F_s \times C \times (T_r - T_s) \quad \text{式(10)}$$

ここで、Q：空調対象負荷、 $F_s$ ：給気流量、C：空気比熱、 $T_r$ ：還気温度の計測値、 $T_s$ ：給気温度の計測値、である。

[0067] このようにして算出された給気温度の目標値 $T_{s0}$ と給気絶対湿度の目標値 $X_{s0}$ とを用いて、第1実施形態で説明したように制御内容が決定される。そして、外気の状態の変化に応じて、給気温度の目標値 $T_{s0}$ および給気湿度の目標値 $X_{s0}$ を適宜変化させることにより効率の良い空調制御を行う。このような構成により、省エネルギー効果の高い空調制御を実行することができる。

[0068] (他の実施形態)

現在の外気の状態が領域Iの範囲内にある場合の他の実施形態について説明する。

[0069] 上述した第1実施形態および第2実施形態においては、外気の状態が領域Iの範囲内にある場合に、加湿器244による加湿処理および冷却コイル245による冷却処理を行わない場合について説明した。しかし、室内ユニット

24において送風機246の稼働による発熱などにより、導入した外気の温度が上昇してしまうときには、冷却コイル245により外気を冷却して給気温度の計測値が領域Iで示される範囲に収まるように制御してもよい。

[0070] 次に、現在の外気の状態が領域IIの範囲内にある場合の他の実施形態について説明する。

[0071] 図4に示すように、外気の計測値が領域II内の点 $P_2$ の位置の状態にあり、還気の計測値が点 $Q_1$ の位置の状態にあるときを考える。この場合、外気に還気を混合させることで温度を上昇させることができる。このときの混合後の空気の状態は、図4の空気線図上の点 $P_2$ と点 $Q_1$ とを結ぶ線上のいずれかの位置に該当し、外気導入比率 $\alpha$ によりその位置が定まる。

[0072] そこで、点 $P_2$ と点 $Q_1$ とを結ぶ線と、領域Iで示される範囲内で絶対湿度の差が最小となる点（図4の点b）とエンタルピーが同一である等エンタルピー線との交点（図4の点a）を選択し、点aの位置に該当する外気導入比率 $\alpha$ を算出する。このことで、加湿量を最小化する好適な制御を行うことができる。

[0073] このようにして算出された比率で導入された外気と還気とが混合されるように各ダンパの開度を制御し、加湿器244により領域I内の点bの位置の状態になるように加湿処理する。このような構成により、最小のエネルギー消費量で、温度および湿度の目標範囲内の給気を生成することができる。

[0074] 同様に、外気の計測値が領域II内の点 $P_2$ の位置の状態にあり、還気の計測値が点 $Q_1$ の位置の状態にあるときを考える。この場合、まず、加湿器244により還気を加湿処理して、点 $Q_1$ の位置の状態から点 $Q_2$ の位置の状態にしておく。そして、点 $Q_2$ の位置の還気と点 $P_2$ の位置の状態の外気とが、上述したように算出された比率で混合されるように各ダンパの開度を制御する。このような構成により、さらに効率良く温度および湿度の目標範囲内の給気を生成することができる。これは、点aの位置の空気を加湿するよりも、さらに温度が高い点 $Q_1$ の位置の空気を加湿するほうが、水分を吸収しやすく加湿処理効率が高いためである。

- [0075] 同様に、外気の計測値が領域II内の点 $P_2'$ の位置の状態にあり、還気の計測値が点 $Q_1$ の位置の状態にあるときを考える。この場合でも、点 $P_2'$ と点 $Q_1$ とを結ぶ線と、上述した等エンタルピー線との交点（図4の点c）を選択し、点cの位置に該当する状態の温度と絶対湿度を給気温度の目標値 $T_{s0}$ および給気絶対湿度の目標値 $X_{s0}$ として制御する。このことで、好適な制御を行うことができる。
- [0076] ここで、点 $P_2'$ と点 $Q_1$ とを結ぶ線上のどの位置に該当する状態を給気温度の目標値 $T_{s0}$ および給気絶対湿度の目標値 $X_{s0}$ とするようにしても消費エネルギーは変わらない。しかし、上述したように処理することで、外気状態が加湿が必要な場合と不要な場合とで連続的に変化しても、等エンタルピー状態で給気温度の目標値 $T_{s0}$ および給気絶対湿度の目標値 $X_{s0}$ を連続的に変化させることができる。このため、安定して制御を実行することができるという利点がある。
- [0077] 次に、現在の外気の状態が領域IIIの範囲内にある場合の他の実施形態について説明する。
- [0078] 図5に示すように、外気の計測値が領域III内の点 $P_3$ の位置の状態にあり、還気の計測値が点 $Q_1$ の位置の状態にあるときを考える。この場合も、点 $P_3$ と点 $Q_1$ とを結ぶ線と、上述した等エンタルピー線との交点（図5の点d）を選択し、点dの位置に該当する状態の温度と絶対湿度を給気温度の目標値 $T_{s0}$ および給気絶対湿度の目標値 $X_{s0}$ として制御する。このことで、好適な制御を行うことができる。
- [0079] ここで、点 $P_3$ と点 $Q_1$ とを結ぶ線上のどの位置に該当する状態を給気温度の目標値 $T_{s0}$ および給気絶対湿度の目標値 $X_{s0}$ とするようにしても消費エネルギーは変わらない。しかし、上述したように処理することで、外気状態が領域Iの範囲のうち加湿が必要な場合、不要な場合とで連続的に変化しても、等エンタルピー状態で給気温度の目標値 $T_{s0}$ および給気絶対湿度の目標値 $X_{s0}$ を連続的に変化させることができる。このため、安定して制御を実行することができるという利点がある。

[0080] 次に、現在の外気の状態が領域IVの範囲内にある場合の他の実施形態について説明する。

[0081] 上述した第1実施形態および第2実施形態においては、外気の状態が領域Iの範囲内にある場合に、外気のみを導入しこれに加湿処理を行うように空調制御を行うことを説明した。このときに、現在の外気の状態と等エンタルピー状態であり、領域Iの範囲内で、且つ絶対湿度差が最小の点の位置に該当する状態の温度と絶対湿度を給気温度の目標値 $T_{s0}$ および給気絶対湿度の目標値 $X_{s0}$ に選択することで、好適な制御を行うことができる。

[0082] 例えば、図5に示すように外気の計測値が領域IV内の点 $P_4$ の位置の状態にあるときを考える。この場合、点 $P_4$ を通る等エンタルピー線上にあり、領域Iの範囲内で、且つ絶対湿度差が最小の点（図5の点e）を選択し、点eの位置に該当する状態の温度と絶対湿度を給気温度の目標値 $T_{s0}$ および給気絶対湿度の目標値 $X_{s0}$ として制御する。このことで、最小のエネルギー消費量で、温度および湿度の目標範囲内の給気を生成することができる。

[0083] 次に、現在の外気の状態が領域Vの範囲内にある場合の他の実施形態について説明する。

[0084] 上述した第1実施形態および第2実施形態においては、外気の状態が領域Vの範囲内にある場合に、還気のみを導入しこれを冷却処理することで空調制御を行うことを説明した。外気の状態が領域Vの範囲内にある場合、現在の外気の絶対湿度が給気の絶対湿度の目標範囲の上限値以下であるなら、現在の外気の絶対湿度を給気絶対湿度の目標値 $X_{s0}$ に選択し、給気の温度の目標範囲の上限値を給気温度の目標値 $T_{s0}$ に選択すれば、外気のみを導入しこれを冷却処理することでも好適な空調制御を行うことができる。

[0085] 例えば、図5に示すように外気の計測値が領域V内の点 $P_5$ の位置の状態にあるときを考える。この場合、点 $P_5$ を通る同一絶対湿度の線上にあり、且つ給気の温度の目標範囲の上限値の点（図5の点f）を選択し、点fの位置に該当する状態の温度と絶対湿度を給気温度の目標値 $T_{s0}$ および給気絶対湿度の目標値 $X_{s0}$ として制御する。このことで、最小のエネルギー消費量で、温度およ

び湿度の目標範囲内の給気を生成することができる。

[0086] また、これまで説明した実施形態においては、消費エネルギーを最小化するような給気温度の目標値 $T_{s0}$ と給気絶対湿度の目標値 $X_{s0}$ とを設定する場合について説明した。しかし、上述した式(8)の代わりに下記式(11)を用い、これにより算出される消費エネルギーに対応するコスト $Cost$ を最小とする給気温度、給気絶対湿度、給気流量の組み合わせで制御するようにしてもよい。

[数11]

$$\begin{aligned} Cost = & a1 \times g_{col} (F_s \times (\alpha H_o + (1-\alpha) H_r - H_s)) \\ & + a2 \times g_{fan}(F_s) \\ & + a3 \times g_{hum}(F_w) \\ & + a4 \times F_w \end{aligned} \quad \text{式(11)}$$

ここで、 $a1$ ：冷却コイルの消費エネルギーとコストの関係、 $a2$ ：送風機の消費エネルギーとコストの関係、 $a3$ ：加湿にかかわる消費エネルギーとコストの関係、 $a4$ ：加湿用水道流量とコストの関係、であり、他の記号は式(8)と同じである。 $a1 \sim a4$ は、係数であってもよいし、関数であってもよく、一般的な、冷却コイルと冷凍機の消費エネルギー／コスト特性、送風機の消費エネルギー／コスト特性、加湿器／コスト特性、水消費量／コスト特性を用いるものとする。

[0087] また、第2実施形態において説明したように、予め制御内容設定部293に保持しておく外気条件／給気条件関係テーブルの内容を、予め諸条件の外気温度、外気湿度、サーバ負荷において、消費エネルギーに対するコスト（必要経費）が最小となる給気温度の目標値 $T_{s0}$ 、給気絶対湿度の目標値 $X_{s0}$ としてもよい。

[0088] このようにコストが最小となる給気温度の目標値 $T_{s0}$ および給気絶対湿度の目標値 $X_{s0}$ を用いて空調制御を行うことで、サーバ室管理システムの稼働に掛かる経費を低減させることができる。

[0089] また、上記の各実施形態においては、給気の温度および湿度の目標範囲と

して、米国空調学会（ASHRAE）の規定に従った目標範囲を用いたが、これには限定されず、制御対象の状態等に応じて他の目標範囲を用いてもよい。また、図3のように分割された各領域は、一部もしくは全部が他の領域と重なっていてもよい。

[0090] 本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

## 請求の範囲

### [請求項1]

分離された第1空間と第2空間とを有し、前記第1空間と前記第2空間との間にサーバが設置され、前記第1空間に流入した給気が前記サーバの発熱により加熱されて前記第2空間を経由して還気として流出するサーバ室を管理するための空調システムであって、

外気の導入量を調整して導入する外気導入装置と、

前記サーバ室の第2空間から流出された前記還気の導入量を調整して導入する還気導入装置と、

前記外気と前記還気との少なくとも一方を加湿可能な加湿器と、

前記外気と前記還気との少なくとも一方を冷却可能な冷却器と、

前記加湿器からの前記還気および前記外気と前記冷却器からの前記還気および前記外気とを前記給気として前記第1空間に流入させ、前記第2空間から前記還気を流出させる送風機と、

制御装置であって、

外気温度の計測値および外気湿度の計測値を取得する外気状態計測値取得部と、

前記外気状態計測値取得部で取得された前記外気温度の計測値および前記外気湿度の計測値に基づいて、予め設定された温度および絶対湿度および相対湿度の目標範囲内の給気を生成するための制御内容を設定する制御内容設定部と、

前記制御内容設定部で設定された制御内容に基づいて、前記外気の導入量と、前記還気の導入量と、前記加湿器の制御量と、前記冷却器の制御量と、前記送風機の送風量とを制御する制御部と

を備えたものと、

を備えた空調システム。

### [請求項2]

請求項1に記載の空調システムであって、

前記制御内容設定部は、

前記外気状態計測値取得部で取得された前記外気温度の計測値と

前記外気湿度の計測値とに基づいて、外気の状態が、前記温度の目標範囲、前記絶対湿度の目標範囲、前記相対湿度の目標範囲、および前記温度の目標範囲且つ前記絶対湿度の目標範囲且つ前記相対湿度の目標範囲に該当する範囲の空気状態に対応するエンタルピーの目標範囲により分割される複数の空気状態範囲のいずれに該当するかを判定し、

該当する空気状態範囲に対応して、前記外気導入装置と前記還気導入装置と前記冷却器と前記加湿器との一部または全部を用いるように制御内容を設定することを特徴とする空調システム。

[請求項3]

請求項2に記載の空調システムであって、

前記制御内容設定部は、前記外気状態計測値取得部で取得された前記外気温度の計測値および前記外気湿度の計測値に基づいて、

外気の状態が、前記温度の目標範囲内、且つ前記絶対湿度の目標範囲内、且つ前記相対湿度の目標範囲内である第1の空気状態範囲、

外気の状態が、前記給気絶対湿度目標範囲の下限値未満、且つ前記エンタルピー範囲の下限値未満である第2の空気状態範囲、

外気の状態が、前記絶対湿度の目標範囲内、且つ前記温度の目標範囲の下限値未満または前記相対湿度の目標範囲の上限値以上である第3の空気状態範囲、

外気の状態が、前記エンタルピーの目標範囲内、且つ前記絶対湿度の目標範囲の下限値未満または前記温度の目標範囲の上限値超である第4の空気状態範囲、または、

外気の状態が、前記第1の空気状態範囲、前記第2の空気状態範囲、前記第3の空気状態範囲、および前記第4の空気状態範囲以外である第5の空気状態範囲、

のいずれの空気状態範囲に該当するかを判定し、該当する空気状態範囲に対応する制御内容を設定する

ことを特徴とする空調システム。

[請求項4]

請求項3に記載の空調システムであって、

前記制御内容設定部は、前記外気状態計測値取得部で取得された外気温度の計測値および外気湿度の計測値に基づいて、

外気の状態が前記第1の空気状態範囲に該当すると判定したときには、還気量を最小にするように制御内容を設定し、

外気の状態が前記第2の空気状態範囲に該当すると判定したときには、所定の比率で外気および還気を混合して導入するように前記還気量および外気導入量を調整するとともに、前記加湿器により必要量の加湿処理が行われるように制御内容を設定し、

外気の状態が前記第3の空気状態範囲に該当すると判定したときには、所定の比率で外気および還気を混合して導入するように還気量および外気導入量を調整するように制御内容を設定し、

外気の状態が前記第4の空気状態範囲に該当すると判定したときには、還気量を最小にし前記加湿器により必要量の加湿処理が行われるように制御内容を設定し、

外気の状態が前記第5の空気状態範囲に該当すると判定したときには、外気導入量を最小にし、前記冷却器により冷却処理が行われるように制御内容を設定する

ことを特徴とする空調システム。

[請求項5]

請求項4に記載の空調システムであって、

前記制御内容設定部は、前記外気状態計測値取得部で取得された外気温度の計測値および外気湿度の計測値に基づいて、

外気の状態が前記第2の空気状態範囲に該当すると判定したときには、前記加湿器により必要量の加湿処理が行われた後に外気と還気とを混合するように制御内容を設定する

ことを特徴とする空調システム。

[請求項6]

請求項4に記載の空調システムであって、

前記制御内容設定部は、前記外気状態計測値取得部で取得された外気温度の計測値および外気湿度の計測値に基づいて、

外気の状態が前記第4の空気状態範囲に該当すると判定したときには、さらに前記冷却器により冷却処理が行われるように制御内容を設定する

ことを特徴とする空調システム。

[請求項7]

請求項4に記載の空調システムであって、

前記制御内容設定部は、前記外気状態計測値取得部で取得された外気温度の計測値および外気湿度の計測値に基づいて、

外気の状態が前記第5の空気状態範囲に該当すると判定したときには、予め設定された外気導入比率の下限值になるように外気導入量を制御する

ことを特徴とする空調システム。

[請求項8]

請求項1に記載の空調システムであって、

前記制御内容設定部は、前記外気状態計測値取得部で取得された外気温度の計測値および外気湿度の計測値に基づいて消費エネルギーが最小となる給気の温度および湿度の目標値を算出し、算出された給気の温度および湿度の目標値に基づいて制御内容を設定する

ことを特徴とする空調システム。

[請求項9]

請求項1に記載の空調システムであって、

前記制御内容設定部は、前記外気状態計測値取得部で取得された外気温度の計測値および外気湿度の計測値に基づいて消費エネルギーに対する必要経費が最小となる給気の温度および湿度の目標値を算出し、算出された給気の温度および湿度の目標値に基づいて制御内容を設定する

ことを特徴とする空調システム。

[請求項10]

請求項8に記載の空調システムであって、

前記制御内容設定部は、

外気温度および外気湿度と消費エネルギーが最小となる給気の温度および湿度の目標値との対応関係を示すテーブルを予め保持し、

前記外気状態計測値取得部で取得された外気温度の計測値および外気湿度の計測値に対応する消費エネルギーが最小の給気温度目標値および給気湿度目標値を前記テーブルから算出し、

算出された給気温度目標値および給気湿度目標値に基づいて制御内容を設定する

ことを特徴とする空調システム。

[請求項11] 請求項9に記載の空調システムであって、

前記制御内容設定部は、

外気温度および外気湿度と消費エネルギーに対する必要経費が最小となる給気の温度および湿度の目標値との対応関係を示すテーブルを予め保持し、

前記外気状態計測値取得部で取得された外気温度の計測値および外気湿度の計測値に対応する必要経費が最小の給気温度目標値および給気湿度目標値を前記テーブルから算出し、

算出された給気温度目標値および給気湿度目標値に基づいて制御内容を設定する

ことを特徴とする空調システム。

[請求項12] 分離された第1空間と第2空間とを有し、前記第1空間と前記第2空間との間に複数のサーバが設置され、前記第1空間に流入した冷気が前記サーバの発熱により加熱されて前記第2空間から還気として流出するように気流が形成されたサーバ格納容器に、還気ダクトおよび給気ダクトにより接続されたサーバ室の空調を管理するための空調システムの制御方法であって、

外気温度の計測値および外気湿度の計測値を取得する工程と、

取得した前記外気温度の計測値および前記外気湿度の計測値に基づいて、予め設定された温度と絶対湿度と相対湿度の目標範囲内の給気

を生成するための制御内容を設定する工程と、

設定した前記制御内容に基づいて、外気の導入量と、前記第 2 空間から前記還気ダクトに流出された還気の導入量と、導入された外気と還気との少なくとも一方を加湿する加湿器の制御量と、導入された外気と還気との少なくとも一方を冷却する冷却器の制御量と、前記加湿器で加湿された空気および前記冷却手段で冷却された空気を給気として前記給気ダクトから前記第 1 空間に流入させる送風機の送風量と、を制御する工程とを備えた制御方法。