

明 細 書

発明の名称：空調装置および空調制御方法

技術分野

[0001] 本発明の実施形態は、空調装置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] データセンターのサーバ室には、一般的に多数のサーバが設置されているため、その発熱量が多い。そのようなサーバ室内で、これらのサーバを正常に稼働させるためには、サーバ室に対し適切に空調を行って所定範囲の環境条件に保つ必要がある。

[0004] データセンターの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、その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装置がある。

[0005] この技術を利用することによりサーバ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

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、データセンターのサーバ室のように、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、設定温湿度が一定範囲であればよい、負荷でＣＯ₂が発生しないのでＣＯ₂濃度上昇防止の

ための換気が不要であるなど、一般のビル内の状態とは異なる特徴があるが、従来は、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。これに対して、ASHREA 2008で許容された給気条件を実現するための外気を利用したサーバ室管理用の空調装置をすでに提案してきた。しかし、近年のサーバ室に対する給気条件の緩和を踏まえたASHREA 2011で許容された給気条件を利用して、さらに省エネをはかる余地ができた。

[0008] 本発明が解決しようとする課題は、省エネ効果が高く効率のよい、空調装置および空調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

[0009] 上記目的を達成するための実施形態の空調装置は、外気または空調制御対象の還気のすくなくとも一つを導入し、空調制御対象に給気として排出する室内ユニットと、空調制御部とを具備する。

[0010] 上記室内ユニットは、外気を導入する外気導入装置および冷却器を有する第1空間と、空調制御対象からの還気を導入する還気導入装置を有する第2空間を備える。

[0011] そして、上記空調制御部が空調制御対象に対し空調制御が必要と判断した場合に、外気を外気導入装置を経由して第1空間に導入し、この第1空間では冷却器で冷却、除湿の少なくとも一つを行い処理済外気とし、還気を還気導入装置を経由して第2空間に導入し、この第2空間で処理済外気と還気とを混合することにより、空調制御対象に給気として排出する。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]図1は、一実施形態である空調装置の構成を示す全体図である。

[図2]図2は、同実施形態の空調装置の空調制御部の構成を示すブロック図である。

[図3]図3は、同実施形態の空調装置の空調制御部で分類される外気の空気状態範囲を空気線図上に示すグラフである。

[図4]図4は、同実施形態の空調制御部において、領域VIに該当する場合の空

調制御の様子を、空気線図上に示したグラフである。

[図5]図5は、同実施形態の空調制御部において、領域VIに該当する場合の空調制御を説明する図である。

[図6]図6は、同実施形態の空調制御部において、領域VIIに該当する場合の空調制御の様子を、空気線図上に示したグラフである。

[図7]図7は、同実施形態の空調制御部において、領域VIIに該当する場合の空調制御を説明する図である。

[図8]図8は、ASHRAE 2011のサーバ温度湿度条件を示す図である。

発明を実施するための形態

[0013] 〈サーバ室管理システムの構成〉

一実施形態であ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。

[0014] 本実施形態によ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、このサーバ室10の空調を行う空調装置20とから構成される。なお、空調装置20にサーバ室10を含める構成としてもよく、その場合、図1のサーバ室管理システム1が、空調装置20に相当するものとなる。

[0015] サーバ室10は、例えば容易に構築可能なコンテナや、建築物内の所定の部屋であり、第3空間としての冷気を含んだコールドエリア11と、第4空間としての暖気を含んだホットエリア14とからなる2つの空間に分離されている。そして、コールドエリア11とホットエリア14との間には複数のサーバ（図示せず）が格納された1または複数のサーバラック12が設置されている。

[0016] このように構成されるサーバ室10において、複数のサーバが、送風機である内蔵のファン（図示せず）の稼動により同一方向に気流が発生するように1または複数のサーバラック12に格納されるか、または、サーバラック12内に配置される複数のサーバの近傍に一定方向に気流が発生するように、サーバラック12内にラックファン（図示せず）が設置される。そして、コールドエリア11に流入した冷気が、サーバラック12内のファン稼動に

より取り込まれ、サーバラック 12 内の複数のサーバの発熱により暖められた空気がホットエリア 14 に流出するように、符号 13 で示す気流が発生する。

[0017] また、サーバ室 10 の構成として、複数の開口部を有する二重床を設け、この二重床上に複数のサーバを格納した 1 または複数のサーバラックを設置する構成とすることもできる。このサーバ室 10 では、設置されたサーバ内のファンまたはサーバラックに設置されたファンの稼働により、コールドエリア 11 である二重床の下部に流入した冷気（給気）が二重床上の開口部からこの開口部の上部にあるサーバラックに吸入される。そして、吸入された冷気が複数のサーバの発熱により加熱されて還気として二重床の上部のホットエリア 14 に流出するように、気流 13 が発生することになる。

[0018] 以上のようにして、サーバにより発生する熱が冷気により冷却されるので、サーバは正常に稼働可能となる。

[0019] 空調装置 20 は、還気ダクト 21 と、室内ユニット 22 と、室外ユニット 23 と、給気ダクト 24 と、空調制御部 25 と、外気温度センサ 26 と、外気湿度センサ 27 と、環境センサ 28 とを有し、還気ダクト 21 には、還気温度センサ 29 と、排気用ダンパ 30 を具備する。なお、同図中、空調制御部 25 への、または空調制御部 25 からの信号線は、点線を用いて図示している。

[0020] 還気ダクト 21 は空気（ここでは還気）を通す管であり、サーバ室 10 のホットエリア 14 と空調装置 20 の室内ユニット 22 とを接続する。

[0021] 還気温度センサ 29 は、ホットエリア 14 から流入した還気の温度を計測し、計測値を空調制御部 25 に送信する。

[0022] 排気用ダンパ 30 は、還気ダクト 21 から還気を外部に排出する際の還気量を、その開度により調整する。

[0023] 室内ユニット 22 は、空間 22A（下記）への還気導入部としての第 1 還気導入用ダンパ 221 と、外気導入部としての外気導入用ダンパ 222 と、フィルタ 223 と、加湿装置としての加湿器 224、冷気生成装置としての

冷却コイル（冷却器）２２５と、給気ファン（送風機）２２６と、給気温度計測器としての給気温度センサ２２７と、給気湿度計測器としての給気湿度センサ２２８と、空間２２Ｂ（下記）への還気導入部としての第２還気導入用ダンパ２２９とを有する。なお、ここでは説明のため、第１還気導入用ダンパ２２１、外気導入用ダンパ２２２、フィルタ２２３、加湿器２２４、および冷却コイル２２５を含む空間を、室内ユニット２２における第１空間として、空間２２Ａと称し、送風機２２６、給気温度センサ２２７、給気湿度センサ２２８、および第２還気導入用ダンパ２２９を含む空間を、室内ユニット２２における第２空間として、空間２２Ｂと称することとする。

[0024] 第１還気導入用ダンパ２２１は、還気ダクト２１から室内ユニット２２内の冷却コイル２２５の前段の空間２２Ａに導入する還気量を、その開度により調整する。

[0025] 外気導入用ダンパ２２２は、室内ユニット２２内に導入する外気量を、その開度により調整する。

[0026] フィルタ２２３は、主として外気導入用ダンパ２２２が開状態にされたときに導入される外気から、塵埃を除去する。

[0027] 加湿器２２４は、外気導入用ダンパ２２２が開状態にされたときに導入される外気、および第１還気導入用ダンパ２２１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を、必要に応じて加湿および冷気生成する。

[0028] 冷却コイル２２５は、外気導入用ダンパ２２２が開状態にされたときに導入される外気、および第１還気導入用ダンパ２２１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を、必要に応じて冷却して冷気を生成する。

[0029] 給気ファン２２６は、加湿器２２４により必要に応じて加湿されるとともに、冷却コイル２２５により必要に応じて冷却されて生成された給気を、または、さらに下記の第２還気導入用ダンパ２２９から流入された還気を混合した給気を、送風し、給気ダクト２４からサーバ室１０のコールドエリア１１に排出させる。この給気ファン２２６の回転数を制御することによって、

その送風量が制御される。なお、本実施形態では、給気をサーバ室１０のクールドエリア１１に流入させる給気ファン２２６を設けているが、給気をサーバ室１０のクールドエリア１１に流入させ、このサーバ室のホットエリア１４から還気を流出させる送風機として、空調装置２０内で還気ダクト２１側に、サーバ室１０のホットエリア１４から還気を流出させる還気ファンを、給気ファン２２６の代わりに設けるようにしてもよい。

[0030] 給気温度センサ２２７は、サーバ室１０のクールドエリア１１に流入させる給気の温度を計測し、計測値を空調制御部２５に送信する。

[0031] 給気湿度センサ２２８は、サーバ室１０のクールドエリア１１に流入させる給気の湿度を計測し、計測値を空調制御部２５に送信する。

[0032] 第２還気導入用ダンパ２２９は、還気ダクト２１から室内ユニット２２内の冷却コイル（冷却器）２２５の後段の空間２２Ｂに導入する還気量を、その開度により調整する。

[0033] 室外ユニット２３は、冷却コイル２２５に接続されており、冷却コイル２２５で冷気を生成する際に利用される冷媒を冷却コイル２２５に供給する。

[0034] 給気ダクト２４は空気（ここでは給気）を通す管であり、室内ユニット２２と、サーバ室１０のクールドエリア１１とを接続する。

[0035] 外気温度センサ２６は、外気温度を計測し、その計測値を空調制御部２５に送信する。外気湿度センサ２７は、外気湿度を計測し、その計測値を空調制御部２５に送信する。環境センサ２８は、室内ユニット２２の外の空気（外気）の煙、塵埃等を計測し、その計測結果を空調制御部２５に送信する。

[0036] 空調制御部２５は、図２に示すように、給気目標範囲情報記憶部２５１と、外気温湿度計測値取得部２５２と、空調制御内容設定部２５３と、機器制御部２５４とを有する。

[0037] 給気目標範囲情報記憶部２５１は、サーバ室１０のクールドエリア１１への給気温度目標範囲および給気湿度目標範囲を記憶する。

[0038] 外気温湿度計測値取得部２５２は、外気温度センサ２６で計測された外気温度計測値、および外気湿度センサ２７で計測された外気湿度計測値を取得

する。

[0039] 空調制御内容設定部 253 は、外気温湿度計測値取得部 252 から取得された外気温度計測値、および外気湿度計測値と、還気温度センサ 29 で計測された還気温度計測値、給気温度センサ 227 で計測された給気温度計測値、および給気湿度センサ 228 で計測された給気湿度計測値とを取得し、これらの計測値と、給気目標範囲情報記憶部 251 に記憶された給気温度目標範囲および給気湿度目標範囲とに基づいて、予め設定された温度範囲且つ湿度範囲内の給気を生成するための空調制御内容を設定する（詳細は後述）。また、環境センサ 28 で計測された煙、塵埃等の計測値に基づいて、後述の例外的空調制御内容を必要に応じて設定する。

[0040] 機器制御部 254 は、空調制御内容設定部 253 で設定された空調制御内容に基づいて、空調装置 20 内の各機器の動作を制御する。

[0041] なお、空調制御部 25 は、一般的なコンピュータ装置等により構成することができ、上記給気目標範囲情報記憶部 251 は、このコンピュータ装置に備わるメモリ等の記憶装置として実現できる。また、外気温湿度計測値取得部 252 と、空調制御内容設定部 253 と、機器制御部 254 は、このコンピュータ装置に備わる CPU、記憶装置、この記憶装置に格納され CPU により実行される制御プログラム、および入出力インタフェースによる機能として実現することができる。

[0042] 〈サーバ室管理システムの動作〉

次に、本実施形態によるサーバ室管理システム 1 の動作について説明する。

[0043] 本実施形態において、サーバ室管理システム 1 の空調制御部 25 の給気目標範囲情報記憶部 251 には、サーバ室 10 のコールドエリア 11 への給気温度目標範囲および給気湿度目標範囲が予め記憶されている。

[0044] 本実施形態においては、サーバ室 10 のコールドエリア 11 への給気温度目標範囲および給気湿度目標範囲として、米国暖房冷凍空調学会（ASHRAE ; American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning and Heating Engineers）が定める標準値を採用する。

ioning Engineers) の 2011 年版の規定 (図 8 参照) に従って、温度および湿度については A 1 クラスに、また絶対湿度 (露点温度に対応) については A 3 クラスに対応した範囲を採用している。具体的には、温度: 15~32℃、相対湿度 20%~80% 且つ、露点温度 24℃ に対応する絶対湿度 0.019kg/kg(DA) 以下とする範囲としている。この情報が、給気目標範囲情報記憶部 251 に記憶されている。なお、給気目標範囲情報記憶部 251 には A 1 ~ A 4 のいずれにも設定可能である。

[0045] このように給気目標範囲情報記憶部 251 に給気温度目標範囲および給気湿度目標範囲が記憶されている状態で、空調制御部 25 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。

[0046] まず、外気温湿度計測値取得部 252 で取得された外気温度計測値および外気湿度計測値が空調制御内容設定部 253 で取得される。

[0047] 次に、空調制御内容設定部 253 において、給気目標範囲情報記憶部 251 に記憶された給気温度目標範囲および給気湿度目標範囲に基づいて、予め設定された給気温度目標範囲且つ給気湿度目標範囲内の給気を生成するための空調制御内容が設定される。以下に、空調制御内容設定部 253 で実行される空調制御内容の設定処理について、詳細に説明する。

[0048] まず、取得された外気温度計測値および外気湿度計測値に基づいて、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。空気線図は、線図上に温度、絶対/相対湿度、エンタルピ (ここでは比エンタルピ) 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。

[0049] 図 3 の空気線図では、飽和線 X100 で表した相対湿度 100% (飽和状態) 以下の空気の状態が、上述した給気温度目標範囲 (図 3 の温度下限線 Tl および温度上限線 Th で示す範囲) および給気湿度目標範囲 (図 3 の相対湿度下限線 Rl および相対湿度上限線 Rh で示す範囲) で示される値と、この給気温度目標範囲且つ給気湿度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上限線 Hh で示すエンタルピの上限値およびエンタルピ下限線 Hl で示すエンタル

ピの下限值と、絶対湿度上限線 X_h で示す絶対湿度の上限値と、絶対湿度下限線 X_l で示す絶対湿度の値と、還気温度 (T_r) と、外気冷却エンタルピ上限線 H_{ho} (後述) で示す外気冷却エンタルピの上限値とに基づいて、以下に示す7つの空気状態範囲を示す領域I~VIIに分割されている。本実施形態において、上述した給気温度目標範囲且つ給気湿度目標範囲に対応するエンタルピ上限値は50kJ/kg(DA)であり、エンタルピ下限値は35kJ/kg(DA)であるものとする。

[0050] ー領域I (第1の空気状態範囲) :

領域Iは、目標とする、給気温度目標範囲、且つ給気相対湿度範囲、且つ給気絶対湿度範囲と同様の範囲、つまり空気線図上において下記式(1)を満たす範囲である。

[0051] [数1]

(温度15度以上32度以下)

$\cap$ (相対湿度20%以上80%以下)

$\cap$ (絶対湿度0.019kg/kg(DA)以下) 式(1)

[0052] ー領域II (第2の空気状態範囲) :

領域IIは、給気温度範囲の下限値以上の範囲においては目標とする給気相対湿度範囲の下限値未満であり、且つ給気温度範囲の下限値未満の範囲においては給気相対湿度範囲の下限値に相当する絶対湿度未満であり、且つ目標とする範囲(すなわち領域I)におけるエンタルピ下限値未満の範囲、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。

[0053] [数2]

{ (温度15度以上) $\cap$ (相対湿度20%未満) $\cap$ (比エンタルピ35kJ/kg(DA)未満) }

$\cup$ { (温度15度未満) $\cap$ (絶対湿度0.002未満) } 式(2)

[0054] ー領域III (第3の空気状態範囲) :

領域IIIは、目標とする給気絶対湿度の上限値以下、且つ、絶対湿度下限線 X_l で示す絶対湿度の値以上であり、且つ、目標とする給気温度範囲の下限値

未満または目標とする給気相対湿度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。

[0055] [数３]

(絶対湿度 0.002kg/kg(DA) 以上 0.019kg/kg(DA) 以下)

$\cap \{ (\text{温度}15\text{度未満}) \cup (\text{相対湿度}80\%\text{以上}) \}$ 式（３）

[0056] ー領域IV（第４の空気状態範囲）：

領域IVは、目標とする給気温度および給気湿度の範囲に対応するエンタルピ範囲内であり、且つ、目標とする給気相対湿度範囲の下限値未満または目標とする給気温度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。

[0057] [数４]

(比エンタルピ 35kJ/kg(DA) 以上比エンタルピ 50kJ/kg(DA) 以下)

$\cap \{ (\text{相対湿度}20\%\text{未満}) \cup (\text{温度}32^{\circ}\text{C超}) \}$ 式（４）

[0058] ー領域VI（第６の空気状態範囲）：

領域VIは、目標とする給気絶対湿度範囲の上限値未満、且つ、目標とする給気温度および給気湿度の範囲に対応するエンタルピ範囲の上限値超、且つ、還気温度以下、且つ、目標とする給気温度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（５）を満たす範囲である。

[0059] [数５]

(絶対湿度 0.019kg/kg(DA) 以下)

$\cap$ (比エンタルピ 50kJ/kg(DA) 超)

$\cap$ (還気温度以下)

$\cap$ (温度 32°C超) 式（５）

[0060] ー領域VII（第７の空気状態範囲）：

領域VIIは、目標とする給気絶対湿度の上限値超、且つ、外気冷却エンタルピの上限値以下の範囲、つまり空気線上において下記式（６）を満たす範囲である。なお、外気冷却エンタルピ上限線 H_{ho} は、還気温度および目標とする給気絶対湿度の上限値に対応するエンタルピ線であり、図３の空気線図上に

において、還気温度 T_r と絶対湿度上限線 X_h との交点に交わるエンタルピ線として規定する。

[0061] 〔数 6〕

(絶対湿度 0.019kg/kg(DA) 超)

$\cap$ (外気冷却エンタルピの上限値以下) 式 (6)

[0062] ー領域V (第 5 の空気状態範囲) :

領域Vは、上記の領域I～VII以外の範囲であるが、具体的には、図 3 に示すように、給気温度目標範囲且つ給気湿度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範囲の上限値超であり、且つ還気温度を超えるか、または外気冷却エンタルピの上限値を超える空気状態範囲である。

[0063] なお、図 3 に示す上記領域VI、領域VII、ならびに、領域Iの上部および領域IIIの上部に該当する状態は、熱帯雨林気候区のような高温多湿な地域において高い頻度で観測される外気の状態に相当する。

[0064] 現在の外気の状態がこれらの領域I～VIIのうちいずれの領域に該当するかが判定されると、空調制御内容設定部 2 5 3 において、外気温湿度計測値取得部 2 5 2 で取得された外気温度計測値、外気湿度計測値、および還気温度センサ 2 9 で計測された還気温度計測値、給気温度センサ 2 2 7 で計測された給気温度計測値、給気湿度センサ 2 2 8 で計測された給気湿度計測値が用いられ、それぞれ領域ごとに以下のように空調制御内容が設定される。ここでは空調制御の対象となるのはサーバ室 1 0 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し、還気湿度値は、給気湿度センサ 2 2 8 で計測される給気湿度計測値と同一であるものとする。

[0065] ー領域Iに該当する場合の空調制御内容 :

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 3 0 を全開にし、第 1 還気導入用ダンパ 2 2 1 および第 2 還気導入用ダンパ 2 2 9 を閉じ、外気導入用ダンパ 2 2 2 を全開にすることで、外気導入比率が 100% になるように、空調制

御内容設定部 253 により、制御内容が決定される。またこのときは、加湿器 224 による加湿処理、および冷却コイル 225 による混合した空気の冷却処理は行われない。

[0066] 一領域IIに該当する場合の空調制御内容：

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、第2還気導入用ダンパ229を閉じた上で、排気用ダンパ30、第1還気導入用ダンパ221、および外気導入用ダンパ222の開度が外気導入比率に応じて0~100%の間で調整されるとともに、加湿器224により必要量の加湿が行われるように、空調制御内容設定部253により、制御内容が決定される。

[0067] このとき外気導入比率の目標値 α は、混合後の空気が、給気目標範囲情報記憶部251に記憶された給気温度目標範囲且つ給気湿度目標範囲内で予め設定された給気温度目標値になるように、外気温度計測値および還気温度計測値により調整される。

[0068] このようにして外気導入比率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値 X は、外気絶対湿度計測値 X_0 、還気絶対湿度計測値 X_r 、外気導入比率目標値 α を用いると、下記式(7)のように表される。

[0069] [数7]

$$X = X_0 \times \alpha + X_r \times (1 - \alpha) \quad \text{式(7)}$$

[0070] このため混合された空気を、目標とする温湿度状態の給気にするには、混合された空気の絶対湿度値 X と給気絶対湿度目標値 X_{s0} との差分である $X_{s0}-X$ 分の加湿が必要である。この差分の湿度値を上げるための必要加湿量は、給気流量 F_s を用いると $F_s \times (X_{s0}-X)$ となり、この必要加湿量が供給されるように加湿器224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225による混合した空気の冷却処理は行われない。

[0071] なお、外気と還気とを混合後に加湿を行う際の必要加湿量は上記のように

決定されるが、還気をあらかじめ絶対湿度目標値 $\{X_r + (X - X_{s0})/(1 - \alpha)\}$ になるように加湿しておくことで、混合後の加湿を不要にすることも可能である。

[0072] この場合、外気導入比率目標値 α は、外気温度計測値 T_o 、加湿後の還気温度値 Tr_2 、給気温度目標値 T_{s0} とすると、下記式 (8) で表される。

[0073] [数 8]

$$\alpha = (Tr_2 - T_{s0}) / (Tr_2 - T_o) \times 100(\%) \quad \text{式 (8)}$$

[0074] ー領域IIIに該当する場合の空調制御内容：

現在の外気の状態が領域IIIの範囲内にあるときは、外気に還気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、排気用ダンパ30、第1還気導入用ダンパ221または第2還気導入用ダンパ229（このとき一方は閉じる）、および外気導入用ダンパ222の開度が外気導入比率に応じて0~100%の間で調整されるように、空調制御内容設定部253により、制御内容が決定される。

[0075] この場合、外気導入比率目標値 α は外気温度計測値 T_o 、還気温度計測値 Tr 、給気温度目標値 T_{s0} とすると、下記式 (9) で表される。

[0076] [数 9]

$$\alpha = (Tr - T_{s0}) / (Tr - T_o) \times 100(\%) \quad \text{式 (9)}$$

このとき、加湿器224による加湿処理、および冷却コイル225による冷却処理は行われない。

[0077] ー領域IVに該当する場合の空調制御内容：

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30を全開にし、第1還気導入用ダンパ221および第2還気導入用ダンパ229を閉じ、外気導入用ダンパ222を全開にすることで、外気導入比率が100%にされるとともに、加湿器224により必要量の加湿が行われるように、空調制御内容設定部253により、制御内容が決定される。

[0078] この場合、外気相対湿度計測値 R_o 、給気湿度目標値 R_{s0} とすると、必要加湿

量は $Rs0-Ro$ である。このとき、加湿に伴って外気温度が To から T に低下する。

[0079] ー領域Vに該当する場合の空調制御内容：

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30および第2還気導入用ダンパ229を閉じ、第1還気導入用ダンパ221を全開にし、外気導入用ダンパ222を閉じることで、外気導入比率が0%にされるとともに、冷却コイル225により冷却処理が行われるように、空調制御内容設定部253により、制御内容が決定される。このとき、加湿器224による加湿処理は行われない。

[0080] 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。

[0081] ー領域VIに該当する場合の空調制御内容：

現在の外気の状態が領域VIの範囲内にあるときは、外気を冷却するように制御内容が決定される。すなわち、図4に示すように、 $P_3 \rightarrow P_1$ となるように制御内容が決定される。具体的には、図5に示すように、第1還気導入用ダンパ221および第2還気導入用ダンパ229を閉じ、排気用ダンパ30および外気導入用ダンパ222を全開にすることで、外気導入比率が100%にされるとともに、外気(P_3)が冷却コイル225により冷却処理が行われるように、空調制御内容設定部253により、制御内容が決定される。このとき、加湿器224による加湿処理は行われない。

[0082] ー領域VIIに該当する場合の空調制御内容：

現在の外気の状態が領域VIIの範囲内にあるときは、外気を冷却、除湿し、さらに、冷却、除湿された外気が還気と混合されるように制御内容が決定される。すなわち、図6に示すように、導入された外気(P_3)を冷却、除湿した冷却後の外気(P_3')を還気(P_2)と混合して、目標の領域I内の空気状態をもつ給気(P_1)となるように制御内容が決定される。具体的には、図7に示すように、第1還気導入用ダンパ221を閉じ、排気用ダンパ30、第

2 還気導入用ダンパ 2 2 9、および外気導入用ダンパ 2 2 2 を開くが、排気用ダンパ 3 0、第 2 還気導入用ダンパ 2 2 9、および外気導入用ダンパ 2 2 2 の開度は外気導入比率に応じて 0~100% の間で調整されるように、空調制御内容設定部 2 5 3 により、制御内容が決定される。

[0083] この場合、外気温度計測値 T_o として冷却後の外気温度計測値を用い、前述の式 (9) を用いて、外気導入比率目標値 α を求めることができる。このとき、加湿器 2 2 4 による加湿処理は行われない。なお、冷却後の外気温度は、外気温度と冷却コイル 2 2 5 の冷却能力とから推定するようにしてもよいし、冷却コイル 2 2 5 の外気送出側に温度センサを設けて計測するようにしてもよい。

[0084] ー例外的空調制御内容：

環境センサ 2 8 により外気に多くの煙や粉塵が含まれることが計測された場合、外気を導入するとフィルタ 2 2 3 等の劣化を招くため、外気の温度・湿度の状態にかかわらず、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 3 0 および第 2 還気導入用ダンパ 2 2 9 を閉じ、第 1 還気導入用ダンパ 2 2 1 を全開にし、外気導入用ダンパ 2 2 2 を閉じることで、外気導入比率が 0% にされるとともに、導入された還気に対し冷却コイル 2 2 5 により冷却処理が行われるように、空調制御内容設定部 2 5 3 により、制御内容が決定される。このとき、加湿器 2 2 4 による加湿処理は行われない。

[0085] 上述した処理により空調制御内容設定部 2 5 3 において空調制御内容が設定されると、これに基づいて排気用ダンパ 3 0、第 1 還気導入用ダンパ 2 2 1、第 2 還気導入用ダンパ 2 2 9、および外気導入用ダンパ 2 2 2 の開度、加湿器 2 2 4、冷却コイル 2 2 5 の制御量、給気ファン 2 2 6 の回転数を制御する制御信号が機器制御部 2 5 4 で生成され、各機器に送信されることにより制御が行われ、目標とする範囲内の給気温度値および給気湿度値の給気生成される。

[0086] なお、上記空調制御内容の切り替えは、温帯地域等では季節毎に外気の状態

態に応じて切り替えるようにしてもよいし、熱帯雨林気候区等では1日の内に外気の状態に応じて切り替えるようにしてもよい。その場合、外気温湿度計測値取得部252は、1日の内に複数回各計測値を取得し、空調制御内容設定部253は、外気温湿度計測値取得部252による各計測値の取得に応じて、必要な空調制御内容を設定するようにする。また、例外的空調制御は、環境センサ28により計測された煙や粉塵の量から、必要に応じて実施される。

[0087] 以上説明したように、本実施形態によれば、外気の状態に応じて空調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。

[0088] また、なるべく外気を利用して空調制御を行うことで、空調に必要なエネルギーを低減し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、熱帯雨林気候区のような外気の状態が高温高湿となる環境であっても、1日における外気の状態の変化に応じて、上記空調制御内容を切り替えることで、サーバ管理のための省エネ効果の高い空調制御が実現できる。

[0090] また、本実施形態による空調制御部25では、空調制御内容設定部253において空調制御内容が設定される際に、給気目標範囲情報記憶部251に記憶された給気温度目標範囲且つ給気湿度目標範囲内で最適な給気温度目標値および給気湿度目標値を算出し、これらの目標値に基づいて省エネ効果の高い空調制御内容を設定する。

[0091] 以下では、本実施形態における最適な給気温度目標値および給気湿度目標値として、消費エネルギーが最小となる給気温度目標値および給気湿度目標値を算出する処理について具体的に説明する。

[0092] まず、空調装置20で消費されるエネルギーEは、以下の式(10)で表すことができる。

[0093] [数10]

$$\begin{aligned}
 E &= g_{col}(F_s \times (\alpha H_o + (1-\alpha)H_r - H_s)) \\
 &+ g_{fan}(F_s) \\
 &+ g_{hum}(F_w) \quad \text{式 (10)}
 \end{aligned}$$

ここで、

F_s : 給気流量

F_w : 加湿用水量

α : 外気導入比率

H_o : 外気比エンタルピー

H_r : 還気比エンタルピー

H_s : 給気比エンタルピー

g_{col} : コイル冷却量と冷却コイル消費エネルギーの関係を示す関数

g_{fan} : 給気流量とファン消費エネルギーの関係を示す関数

g_{hum} : 加湿用水量と加湿器消費エネルギーの関係を示す関数

である。

[0094] このうち、給水流量 F_s 、加湿用水量、外気導入比率、外気比エンタルピー（外気温湿度計測値より算出）、還気比エンタルピー（還気温度計測値と給気絶対湿度計測値より計算）、給気比エンタルピー（給気温湿度計測値より計算）は、測定もしくは測定値より計算が可能である。ここでは空調制御の対象となるのはサーバ室10内の複数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し、還気湿度値は、給気湿度センサ227で計測される給気湿度計測値と同一であるものとする。

[0095] また、コイル冷却量と冷却コイル消費エネルギーの関係を示す関数 g_{col} と、給気流量とファン消費エネルギーの関係を示す関数 g_{fan} と、加湿用水量と加湿器消費エネルギーの関係を示す関数 g_{hum} は、空調制御部25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、これらの値により空調装置20で消費されるエネルギー E を算出可能である。

[0096] 一方、本実施形態における空調制御部25は、前述したように、排気用ダ

ンパ30、第1還気導入用ダンパ221、第2還気導入用ダンパ229、および外気導入用ダンパ222の開度により外気導入比率を制御する処理と、冷却コイル225により給気の冷却量を制御する処理と、加湿器224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ため、給気温度目標値および給気湿度目標値を設定することで、排気用ダンパ30、第1還気導入用ダンパ221、第2還気導入用ダンパ229、外気導入用ダンパ222、冷却コイル225、加湿器224の必要制御量が決定される。

[0097] また、給気流量値 F_s については、還気温度計測値 T_r 、給気温度計測値 T_{s0} 、空気の比熱 C 、サーバの発熱量 Q を用いて、下記式(11)により算出される。

[0098] [数11]

$$F_s = Q / C / (T_r - T_{s0}) \quad \text{式(11)}$$

[0099] このように考えると、給気温度目標値、給気湿度目標値、および給気流量値が与えられた場合、必要な消費エネルギー E は、上述した式(10)を用いて算出することが可能である。

[0100] つまり、本実施形態における空調制御部25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動するのは、上記式(10)で算出される消費エネルギー E を最小とする給気温度値、給気湿度値、給気流量値の組み合わせで制御する場合であるといえる。

[0101] 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給気温度目標値、給気湿度目標値を算出し、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空調制御内容設定部253に保持しておくことで、計測された外気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条件を算出することが可能になる。

[0102] 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(12)を用いて計算してもよい。下記式(12)を用いて計算する場合、空調制御内容設定部253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。

[0103] [数 1 2]

$$Q = F_s \times C \times (T_r - T_s) \quad \text{式 (1 2)}$$

ここで、

Q:空調対象負荷

F_s:給気流量値

C:空気比熱

T_r:還気温度計測値

T_s:給気温度計測値

である。

[0104] このようにして算出された給気温度目標値、給気湿度目標値を用いて、前述したように空調制御内容が決定される。

[0105] 以上に説明したように、外気の状態の変化に応じて効率の良い給気温度設定値および給気湿度設定値を適宜変化させながら制御することで、本システムの使用環境が高温多湿な環境（地域）であっても、省エネ効果の高い空調制御を実行することができる。

[0106] なお、上記実施形態においては、給気温度目標範囲および給気湿度目標範囲として米国暖房冷凍空調学会（A S H R A E）により規定された値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値を用いてもよい。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。

[0107] また、上記実施形態では、複数のサーバが設置されるサーバ室10内の空間を、空調装置20の空調制御対象（空調対象空間）として説明したが、これに限るものではなく、電源装置やその他の発熱する各種機器が格納または設置された空間を、空調装置20の空調制御対象とすることができる。また、上記実施形態では、コールドエリア11とホットエリア12を、構造的に、分離した構成としているが、必ずしもそうする必要はなく、構造的に分離

せずに、給気が送り込まれる側をコールドエリア 11 とし、還気が排出される側をホットエリア 12 として構成してもよい。

[0108] 以上、本発明の実施形態を説明したが、上述の実施形態は、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。その新規な実施形態は、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] 外気または空調制御対象の還気のすくなくとも一つを導入し、前記空調制御対象に給気として排出する室内ユニットと、
- 空調制御部とを具備し、
- 前記室内ユニットは、前記外気を導入する外気導入部および冷却器を有する第1空間と、
- 前記空調制御対象からの還気を導入する還気導入部を有する第2空間を備え、
- 前記空調制御部が前記空調制御対象に対し空調制御が必要であると判断した場合に、
- 外気を前記外気導入装置を経由して前記第1空間に導入し、この第1空間では前記冷却器で冷却、除湿のすくなくとも一つを行い処理済外気とし、
- 還気を前記還気導入部を経由して前記第2空間に導入し、この第2空間で前記処理済外気と前記還気とを混合することにより、前記空調制御対象に前記給気として排出する空調装置。
- [請求項2] 前記空調制御部は、
- 外気の状態が、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の絶対湿度の上限値超、且つ、前記目標範囲の絶対湿度の上限値および還気温度に対応するエンタルピの値以下となる空気状態範囲に該当すると判定したときに、前記空調制御対象に対し空調制御が必要であると判断する
- 請求項1に記載の空調装置。
- [請求項3] 前記空調制御部は、
- 外気の空気状態が、前記目標範囲の絶対湿度の上限値未満、且つ、前記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範囲の上限値超、且つ、還気温度以下、且つ、前記目標範囲の温度上限値超

である空気状態範囲に該当すると判定したときにも、前記空調制御対象に対し空調制御が必要であると判断し、この場合には、前記の空調制御に代えて、前記外気導入装置から前記第 1 空間に外気を導入し、この第 1 空間では前記冷却器で冷却を行い処理済外気とし、該処理済外気を、前記空調制御対象に前記給気として排出する
請求項 2 に記載の空調装置。

[請求項 4] 前記空調制御部は、1 日の内に複数回、外気温度、外気湿度、および還気温度の各計測値を取得し、各計測値の取得に応じて、空調制御が必要か判断する

請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の空調装置。

[請求項 5] サーバ室を備え、

前記空調制御対象は、前記サーバ室内の空間であって、前記サーバ室は、分離された第 3 空間と第 4 空間とを有し、前記第 3 空間と前記第 4 空間との間にサーバが設置され、前記第 3 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 4 空間を経由して還気として流出するように構成されている

請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の空調装置。

[請求項 6] 外気または空調制御対象の還気のすくなくとも一つを導入し、前記空調制御対象に給気として排出する室内ユニットと、空調制御部とを具備し、前記室内ユニットが、前記外気を導入する外気導入部および冷却器を有する第 1 空間と、前記空調制御対象からの還気を導入する還気導入部を有する第 2 空間を備える空調装置の空調制御部が、

前記空調制御対象に対し空調制御が必要と判断した場合に、

外気を前記外気導入装置を経由して前記第 1 空間に導入し、この第 1 空間では前記冷却器で冷却、除湿の少なくとも一つを行い処理済外気とし、

還気を前記還気導入部を経由して前記第 2 空間に導入し、この第 2 空間で前記処理済外気と前記還気とを混合することにより、前記空調

制御対象に前記給気として排出するようにする
空調制御方法。