

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-232968  
(P2004-232968A)

(43) 公開日 平成16年8月19日(2004.8.19)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
F 2 4 F 11/02	F 2 4 F 11/02 1 O 3 D	3 L O 6 O
G O 5 B 23/02	F 2 4 F 11/02 Z	3 L O 6 1
	G O 5 B 23/02 3 O 2 S	5 H 2 2 3

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2003-22532 (P2003-22532)	(71) 出願人	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号
(22) 出願日	平成15年1月30日 (2003.1.30)	(74) 代理人	100102439 弁理士 宮田 金雄
		(74) 代理人	100092462 弁理士 高瀬 彌平
		(72) 発明者	村井 卓生 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
		(72) 発明者	小原 和世 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

最終頁に続く

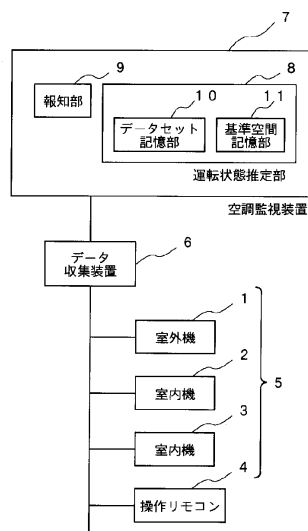
(54) 【発明の名称】 空調運転監視システム、異常検出方法および異常検出装置

(57) 【要約】

【課題】 エネルギー面で無駄な運転状態であったとしても早期把握ができず、その状態の度合いが極端に悪化するまで報知されず問題であった。

【解決手段】 空調機5から出力される運転データを所定のサンプリングタイムで取得するデータ取得部6と、データ取得部6で取得した運転データに基づいて空調機5の運転状態が正常か否かを推定する運転状態推定部7とを備え、運転部状態推定部7は、複数種類の運転データを対象とし、各運転データ毎に所定時間内に含まれる複数サンプリングデータを処理して得られるデータを特徴量データとし、これらの特徴量データを纏めて1データセットとすると共に、順次取得した複数データセットから基準空間を構築し、その後取得したデータセットが基準空間に対し正常であるか否かをマハラノビスの距離を用いて判定することを特徴とする。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

空調機から出力される運転データを所定のサンプリングタイムで取得するデータ取得部と、前記データ取得部で取得した運転データに基づいて前記空調機の運転状態が正常か否かを推定する運転状態推定部とを備え、

前記運転部状態推定部は、複数種類の運転データを対象とし、各運転データ毎に所定時間内に含まれる複数サンプリングデータを処理して得られるデータを特徴量データとし、これらの特徴量データを纏めて1データセットとすると共に、順次取得した複数データセットから基準空間を構築し、その後取得したデータセットが前記基準空間に対し正常であるか否かをマハラノビスの距離を用いて判定することを特徴とする空調運転監視システム。

10

**【請求項 2】**

前記運転状態推定部は、前記基準空間を構成するデータセットから各日の同一時間帯のデータセットを抽出して部分基準空間とし、その後取得したデータセットがこのデータセットと同一時間帯の前記部分基準空間に対し正常範囲であるか否かをマハラノビスの距離を用いて判定することを特徴とする請求項 1 記載の空調監視システム。

**【請求項 3】**

前記運転状態推定部は、前記基準空間を構成するデータセットから同一設定温度範囲のデータセットを抽出して部分基準空間とし、その後取得したデータセットがこのデータセットと同一設定温度範囲の前記部分基準空間に対し正常範囲であるか否かをマハラノビスの距離を用いて判定することを特徴とする請求項 1 記載の空調監視システム。

20

**【請求項 4】**

空調機から出力される運転データを所定のサンプリングタイムで取得するデータ取得部と、前記データ取得部で取得した運転データに基づいて前記空調機の運転状態が正常か否かを推定する運転状態推定部とを備え、

前記運転状態推定部は、運転開始時の立ち上がり時間内の複数種類の運転データを対象とし、各運転データ毎に複数サンプリングデータを処理して得られるデータを特徴量データとし、これらの特徴量データを纏めて1データセットとすると共に、順次取得した複数のデータセットから基準空間を構築し、その後取得したデータセットが前記基準空間に対し正常範囲であるか否かをマハラノビスの距離を用いて判定することを特徴とする空調監視システム。

30

**【請求項 5】**

前記運転状態推定部は、前記基準空間におけるマハラノビスの距離が最大となるデータセットを除いて新規に基準空間を作成し、新規基準空間に対して除外したデータセットのマハラノビスの距離を算出し、その距離が新規基準空間に対して遠いと判定された場合には、新規基準空間を新たな基準空間として更新することを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載の空調監視システム。

**【請求項 6】**

前記運転部状態推定部は、メンテナンス完了時からの複数種類の運転データを対象としていることを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれか一項に記載の空調運転監視システム。

40

**【請求項 7】**

監視対象装置から出力される複数種類の運転データを対象とし、各運転データ毎に所定時間内に含まれる複数サンプリングデータを処理して得られるデータを特徴量データとし、これらの特徴量データを纏めて1データセットとすると共に、順次取得した複数のデータセットから基準空間を構築し、その後取得したデータセットが前記基準空間に対し正常範囲であるか否かをマハラノビスの距離を用いて判定して、前記監視対象装置の運転状態の異常を検出することを特徴とする異常検出方法。

**【請求項 8】**

監視対象装置から出力される運転開始時の立ち上がり時間内の複数種類の運転データを対象とし、各運転データ毎に複数サンプリングデータを処理して得られるデータを特徴量デ

50

ータとし、これらの特徴量データを纏めて1データセットとすると共に、順次取得した複数のデータセットから基準空間を構築し、その後取得したデータセットが前記基準空間に対し正常範囲であるか否かをマハラノビスの距離を用いて判定して、前記監視対象装置の運転状態の異常を検出することを特徴とする異常検出方法。

【請求項9】

前記基準空間におけるマハラノビスの距離が最大となるデータセットを除いて新規に基準空間を作成し、新規基準空間に対して除外したデータセットのマハラノビスの距離を算出し、その距離が基準空間から所定の距離より遠いと判定された場合には、新規基準空間を新たな基準空間として更新することを特徴とする請求項7又は請求項8記載の異常検出方法。

10

【請求項10】

監視対象装置から出力される運転データに基づいて前記監視対象装置の運転状態が正常か否かを推定する異常検出装置であって、複数種類の運転データを対象とし、各運転データ毎に所定時間内に含まれる複数サンプリングデータを処理して得られるデータを特徴量データとし、これらの特徴量データを纏めて1データセットとすると共に、順次取得した複数のデータセットから基準空間を構築し、その後取得したデータセットが前記基準空間に対し正常範囲であるか否かをマハラノビスの距離を用いて判定して、前記監視対象装置の運転状態の異常を検出することを特徴とする異常検出装置。

【請求項11】

監視対象装置から出力される運転データに基づいて前記監視対象装置の運転状態が正常か否かを推定する異常検出装置であって、運転開始時の立ち上がり時間内の複数種類の運転データを対象とし、各運転データ毎に複数サンプリングデータを処理して得られるデータを特徴量データとし、これらの特徴量データを纏めて1データセットとすると共に、順次取得した複数のデータセットから基準空間を構築し、その後取得したデータセットが前記基準空間に対し正常範囲であるか否かをマハラノビスの距離を用いて判定して、前記監視対象装置の運転状態の異常を検出することを特徴とする異常検出装置。

20

【請求項12】

前記基準空間におけるマハラノビスの距離が最大となるデータセットを除いて新規に基準空間を作成し、新規基準空間に対して除外したデータセットのマハラノビスの距離を算出し、その距離が基準空間から所定の距離より遠いと判定された場合には、新規基準空間を新たな基準空間として更新することを特徴とする請求項10又は請求項11記載の異常検出装置。

30

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、空調機或いは監視対象装置の運転データを元に、エネルギー消費面からみて無駄である無駄運転状態や、その他空調機或いは監視対象装置の異常状態を幅広く検出することができる空調運転監視システム、異常検出方法、および異常検出装置に関する。

40

【0002】

【従来技術】

第1の従来技術として、所定設定時間内での室内温度の所望設定温度への到達度合いから、窓やドア等の開放による室内空気の漏洩を報知する装置が存在する(例えば、特許文献1参照)。また、第2の従来技術として、環境の微妙な変化やノイズ等の影響等による誤作動を低減し、火災などの異常検出を正確に行う装置が存在する(特許文献2参照)。

【0003】

【特許文献1】特開平2001-304648号(段落番号0016、図2)

【0004】

【特許文献2】特開平10-124766号(段落番号0055~0102、図3)

50

## 【 0 0 0 5 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

第1の従来技術においては、室内温度の設定温度への収束の鈍さや安定性の悪さは、本来の能力による空調設定温度の限界や、窓やドア開放による空気漏洩以外の、例えば室内機のフィルタ汚れによるものや室内機吸込み周辺に物品が設置されている場合、あるいは晴天時直射がある時間帯にブラインドを全開にし熱負荷が増大している場合などにも想定される現象である。

## 【 0 0 0 6 】

このような現象は、その正常ではない運転状態の種類により異なるため、単変量データの時間変動を監視していても、その量に必ずしも反映されるわけではない。従って、第1の従来技術では、そのようなエネルギー面で無駄な運転状態であったとしても早期把握ができず、その状態の度合いが極端に悪化するまで報知されず問題であった。

10

## 【 0 0 0 7 】

また、第2の従来技術においては、センサが標準的な部屋天井中央などに設置される基本環境条件により得られるデータセット及び実際の監視時のセンサ設置場所における現場設置環境条件下で得られたデータセットを基準空間としてマハラノビスの距離を計算している。

## 【 0 0 0 8 】

しかしながら、空調機の設置環境、設置条件は多様であるため、汎用的な基本環境条件というものは想定し難く、例えばある広さを有する模擬オフィス実験室などにおいて測定したデータセットを実設置条件に合わせ補正して用いるにしてもその作業は容易でなく、また適用する個々の設置環境により補正を施さなくてはならず問題であった。

20

## 【 0 0 0 9 】

本発明は、上記課題を解決するためになされたもので、空調機或いは監視対象装置がエネルギー的に無駄な状態で運転されている場合や、その他の原因で運転状態に異常が生じている場合などを早期に推定することが可能な空調監視システム、異常検出方法、および異常検出装置を提供することを目的とする。

また、空調機が設置された実環境下に合わせるための基準空間の補正作業が不要な空調監視システム、異常検出方法、および異常検出装置を提供することを目的とする。

## 【 0 0 1 0 】

30

## 【 課題を解決するための手段 】

本発明の空調監視システムは、空調機から出力される運転データを所定のサンプリングタイムで取得するデータ取得部と、データ取得部で取得した運転データに基づいて空調機の運転状態が正常か否かを推定する運転状態推定部とを備え、運転部状態推定部は、複数種類の運転データを対象とし、各運転データ毎に所定時間内に含まれる複数サンプリングデータを処理して得られるデータを特徴量データとし、これらの特徴量データを纏めて1データセットとすると共に、順次取得した複数データセットから基準空間を構築し、その後取得したデータセットが基準空間に対し正常であるか否かをマハラノビスの距離を用いて判定することを特徴とする。

## 【 0 0 1 1 】

40

## 【 発明の実施の形態 】

以下、本発明の好適な実施の形態について添付図面を参照して説明する。

実施の形態1 .

図1は、実施の形態1に係る空調運転監視システムの構成を示すブロック図である。図1に示すように、本実施の形態の空調運転監視システムは、室外機1、室内機2、3および室内リモコン4を有する空調機5に接続され、空調機5から出力される運転データ(空調機5の運転状態データや空調機5に設けられた各種センサからの物理量センシングデータなど)を所定のサンプリングタイムで取得するデータ収集装置(データ取得部)6と、データ収集装置6と公衆回線や専用線を介して接続され、空調機5の動作状態を監視する空調監視装置7とを備えている。

50

## 【0012】

空調監視装置7は、データ取得部6で取得した運転データに基づいて空調機5の運転状態が正常か否かを推定する運転状態推定部8と、運転状態推定部8で異常運転と推定された場合に監視者に報知する報知部9とを備えている。報知部9としては、例えば、異常運転である旨を表示するディスプレイ、異常運転である旨を点灯或いは点滅で知らせるLED、異常運転である旨を音声或いは警告音で知らせるスピーカなどがある。

## 【0013】

また、運転状態推定部8は、データ取得部6で取得した運転データをデータセットとして順次蓄積するデータセット記憶部10と、データセット記憶部10の複数のデータセットに基づいて作成された基準空間を記憶する基準空間記憶部11とを備えている。なお、運転状態推定部8では、窓開放状態やフィルタ汚れなどの低効率運転や、その他の空調機異常状態があった場合に、運転状態が正常でないと推定する。

10

## 【0014】

また、例えばオフィス用のマルチ型空調機(冷房運転)を対象とした場合、例えば室内機2,3からは、蒸発温度、吸込み温度、蒸発機出口温度、蒸発機入り口温度、膨張弁開度、サーモON/OFF状態などのデータをデータ収集装置6で取得することができる。また、圧縮機を備えた室外機1からは、外気温度、凝縮温度、圧縮機周波数、吐出温度、凝縮機出口温度などの冷凍サイクルをベースとした物理量のデータをデータ収集装置6で取得することができる。さらに、室内リモコン4からは、人為的に操作される設定温度や発停状態などのデータをデータ収集装置6で取得することができる。

20

## 【0015】

従来は、上記項目のうち、単変量データの時間変動しか監視していなかったため、正常でない状態がその量に反映されないことが少なからずあり、その変化量が大きくなればその現象がつかみ難いといったことがあった。従って、エネルギー面で無駄な運転状態や正常でない運転状態であったとしても早期把握ができず、長期間その状態が放置される場合があった。

## 【0016】

そのようなことを防止するため、本実施の形態では、多変量データを用い個々のデータの相関を考慮し、正常か否かの状態を一つの尺度で評価するマハラノビスの距離を用いた監視システムを構成する。

30

## 【0017】

ここで、正常状態にある複数データセット群から導かれる基準空間とマハラノビスの距離の作成方法について、図2の表を参照しながら説明する。まず正常状態にあると考えられるn個のデータセットから、それぞれ同じ項目のk個の特徴量を抽出したとする。抽出した特徴量を $Y_{ji}$ とし、以下のようにして標準化値 $y_{ji}$ を算出する。

## 【0018】

$$y_{ji} = (Y_{ji} - m_i) / \sigma_i \quad (i = 1 \sim k, j = 1 \sim n)$$

## 【0019】

ここで、 $m_i$ ,  $\sigma_i$  はそれぞれ1つの特徴量項目( $Y_{i1}, Y_{i2}, \dots, Y_{in}$ )についての平均値、標準偏差であり次式で表現される。

40

## 【0020】

$$m_i = (Y_{i1} + Y_{i2} + \dots + Y_{in}) / n$$

## 【0021】

$$\sigma_i^2 = [(Y_{i1} - m_i)^2 + (Y_{i2} - m_i)^2 + \dots + (Y_{in} - m_i)^2] / (n - 1)$$

## 【0022】

次に、標準化値 $y_{ji}$ についての相関行列Rを求め、この相関行列Rから相関行列の逆行列Aを導出する。相関行列R、相関行列の逆行列Aは以下のように表される。

## 【0023】

## 【数1】

50

$$R = \begin{bmatrix} 1 & r_{12} & r_{13} & \cdots & \cdots & r_{1k} \\ r_{12} & 1 & r_{23} & \cdots & \cdots & r_{2k} \\ \cdot & \cdot & 1 & & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & & & \cdot \\ r_{k1} & r_{k2} & r_{k3} & \cdots & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

【 0 0 2 4 】

【 数 2 】

10

$$A = R^{-1} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \cdots & \cdots & a_{1k} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \cdots & \cdots & a_{2k} \\ \cdot & \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & & & \cdot \\ a_{k1} & a_{k2} & a_{k3} & \cdots & \cdots & a_{kk} \end{bmatrix}$$

【 0 0 2 5 】

但し、

20

【 0 0 2 6 】

【 数 3 】

$$r_{pq} = r_{qp} = (1/n) \sum_{j=1}^n y_{jp} \cdot y_{jq} \quad (p, q = 1 \sim k)$$

【 0 0 2 7 】

この逆行列 A が基準空間に相当するものであり、この基準空間における n 個の各標準化データセットのマハラノビスの距離 ( $MD^2$ ) は、逆行列 A の要素  $a_{pq}$  を用いて次の式により演算される。 30

【 0 0 2 8 】

【 数 4 】

$$MD_j^2 = (1/k) \sum_{p=1}^k \sum_{q=1}^k a_{pq} \cdot y_{jp} \cdot y_{jq} \quad (i = 1 \sim n, p, q = 1 \sim k)$$

【 0 0 2 9 】

また、標準化されていない任意の k 項目のデータセット  $X_1, X_2, \dots, X_k$  (例えば監視時の空調データセット) については、 40

$x_i = (X_i - m_i) / \sigma_i$  ( $i = 1 \sim k$ ) として、

【 0 0 3 0 】

【 数 5 】

$$MD_j^2 = (1/k) \sum_{p=1}^k \sum_{q=1}^k a_{pq} \cdot x_p \cdot x_q \quad (p, q = 1 \sim k)$$

【 0 0 3 1 】

50

で算出される。

上記のようにして基準空間を構築後、実際の監視データセットの  $k$  個の特徴量を入力し、上記に従ってマハラノビスの距離  $MD^2$  を演算し、その距離  $MD^2$  が設定閾値以上かどうかで、正常か否かを判定する。

【0032】

さて、ここで前述した空調取得データを考えると、人為設定以外のデータは空調の設置環境やシステム構成によって変化するものであるため、ある特定の試験室で得られたデータセットを元に基準空間を作成し、この基準空間を用いて実フィールドにてデータの監視を行っても異常運転の推定結果は良好なものではなく、また試験室の基準空間を補正して用いるにも設置環境条件は多様であるため、その条件ごとに補正することは容易でない。

10

【0033】

そこで図3に示すように、データセットを順次取得することにより基準空間を構築することができる。まず、メンテナンス終了後（新規物件なら導入後の試運転後直後）であれば、空調状態は正常状態であると考えられるため、その状態からデータセットの取得を行う。図3に示す複数のグラフは、ある一日の時刻に対する複数データ項目のうち、代表として吸込み温度12を例として時間特性を表現したものである。実際収集されるデータは前述したような複数のデータ項目からなる。

【0034】

但し、この場合、前述した空調機5の運転データは周囲の熱負荷の変動により変化し、通常データ収集装置6の数分のサンプリングタイム  $ST$  により取得された値でみると、わずかな環境ノイズの変化などの影響を受け、時間に対する変動量が小さくないものも多い。

20

【0035】

従って、サンプリング時間ごとのデータをその時系列ごとに監視した場合、空調状態が安定状態にあり、かつ正常状態であってもその変動が大きく、正常状態でないことによる変動かどうかを判定しにくい傾向がある。そこで、監視するデータセットの時間幅  $T$  をサンプリングタイムの複数倍とし、データセットを図3中の  $D1, D2, \dots$  のように設定し、その中でのデータの状態で特徴量を表すことを考える。

【0036】

図3では、安定状態において、例えば時間幅  $T$  を30分とすると共に、空調機5の一日の運転時間を10時間程度とすれば、約20個程度のデータを取得することが可能となる。時間幅  $T$  に最適値はないが、ノイズによって変動する各特徴量の変動の大きさを考え、なるべく瞬間変動の影響を受け難く、且つ各特徴量の状態（例えば平均量や偏差）をマクロ的に捉えることのできる時間幅が望ましい。

30

【0037】

以上のようにして、 $D1, D2, \dots, Dn$  までのデータセットで基準空間  $S$  を構築する。なお、基準空間作成にあたっては、前記逆行列を計算する必要性からデータセット数  $(n) \geq$  特徴量数  $(k)$  が条件であるため、それを満足する必要がある。

【0038】

このようにして  $n$  個のデータセットにより基準空間を作成した後、その後監視されるデータセットに対して基準空間からの距離を計算し、正常か否かの判定を行う。この際、各データセット間の時間的ブランクはあってもなくても構わず、また各データセットが時間的にオーバーラップしても構わない。

40

【0039】

次に、基準空間の作成から正常か否かの判定までの流れを図4のフローチャートを用いて説明する。 $i$  ( $i = 1, 2, \dots$ ) はデータセット  $D_i$  のカウントを示す変数であり、 $n$  は設定した基準空間を構成するデータセットの個数である。まず、データ収集装置6は、メンテナンス終了後にデータ収集を開始し ( $S101$ )、時間幅  $T$  間での特徴量算出を行う ( $S102$ )。次に、運転状態推定部8は、変数  $i$  と  $n$  との比較を行い ( $S103$ )、変数  $i$  が  $n$  以下の場合には、データ収集装置6で収集したデータを基準データセットとして採用し、データセット記憶部10に蓄積する ( $S104$ )。そして、変数  $i$  が  $n$  になった

50

場合には (S 1 0 5)、データセット記憶部 1 0 に記憶された複数のデータセットを読み出して、これらのデータセットのマハラノビスの距離を算出し、基準空間を作成する (S 1 0 6)。作成した基準空間は基準空間記憶部 1 1 に記憶する。S 1 0 5 の処理で変数  $i$  が  $n$  でない場合および S 1 0 6 の処理終了後、S 1 0 1 に処理を戻す。

#### 【0040】

また、S 1 0 3 処理で変数  $i$  が  $n$  より大きいと判断された場合には、基準空間作成後の異常検出処理を行う。この処理では、まず基準空間記憶部 1 1 から基準空間を読み出して、この基準空間とデータ収集装置 6 で収集したデータとのマハラノビスの距離 ( $MD^2$ ) を、上述した数式を用いて計算する (S 1 0 7)。そして、異常検知とするマハラノビスの距離の設定閾値 ( $MD^2_t$ : 一般的には 3 ~ 4 程度) と算出したマハラノビス距離 ( $MD^2$ ) とを比較して (S 1 0 8)、異常が認められればその旨を報知部 9 で報知する (S 1 0 9)。また、異常が認められなければ、S 1 0 1 に処理を戻して、再度、データ収集装置 6 で運転データの収集を行う。

10

#### 【0041】

次に、図 5 から図 8 を用いて、データ収集装置 6 におけるデータセットの収集方法について説明する。

図 5 は、一日の間の運転データへの影響が少ない外気温度の時刻に対する変化を、上述の安定時データセット時間幅と一緒に示した図である。このとき、各時間幅  $T$  の平均外気温度 (図では  $T_{out1}$ ,  $T_{out4}$ ) には、十分な差異が認められる。従って、そのような条件で得られる各データセットの集合体は、結果的に幅広い外気温度下での状態を示している。このため、各データセットの集合体を汎用的に用いることが可能となる。また、データセット数を多めにすれば、それはある外気温度に対し複数のデータセットを持つことになるため、幅広く正常状態の範囲を表現することが可能となる。

20

#### 【0042】

また、図 6 及び図 7 は、データの立ち上がり時間と安定時間との定義の一例を示した図である。図 6 は、運転開始後サーモ ON から初めてサーモ OFF になるまでの時間を立ち上がり時間とする例を示す図である。また、図 7 は、設定温度と吸込み温度との差が所定の設定値 (例えば  $\pm 1$ ) に到達するまでの時間を立ち上がり時間とする例を示す図である。

#### 【0043】

さらに、図 8 のように基準データセット収集時に設定温度の変化 (図では  $T_{in1}$   $T_{in2}$  (温度設定値が下がる場合)) がある場合も同様にして、温度設定後にサーモ ON 状態から初めてサーモ OFF になった以降のデータ、あるいは設定温度と吸込み温度との差が所定の設定値に達した以降のデータを安定時データとして、基準データセットに加えていけばよい。

30

#### 【0044】

以上の方法によりデータ収集装置 6 で収集したデータセットに基づいた運転状態推定部 8 での推定結果を以下に示す。なお、この推定処理は実際のオフィス空間に近い試験空間で行っている。まず、図 9 の表は、その試験空間において基準として定めた複数環境条件に対する室内外の空調機 5 の冷房運転データから基準空間を構成する際の安定時基準空間データセットの一例 (基準空間を構成する 1 8 個のデータセット中の一部) を示したものである。ここでの基準空間の条件は、室内の窓や扉は閉じた状態であり、室内の熱負荷は人の発熱量を模擬した白熱電球によるものである。さらに、窓面はブラインドがスラット角 3 0 度で全閉の固定状態である。

40

#### 【0045】

これらのデータセットは、環境条件として設定温度や風速、室内熱負荷状態、時間帯を変え、数日間にわたり  $T = 30$  分 (サンプリングタイム  $ST = 1$  分である) として取得したデータを元に作成している。なお図 9 の表に見るように特徴量項目数は 8 個であり、それらは空調機から得られるデータの 3 0 分間の平均 (一部はデータ間演算を施したものの平均) として与えている。図 9 の表の右端欄に示すように、基準空間データセットのマハラ

50

ノビスの距離 ( $MD^2$ ) は、全基準データセットでの距離 ( $MD^2$ ) の平均が 1 になり、データセットそれぞれの距離 ( $MD^2$ ) は 1 に近い値となる。

【0046】

さらに、図 10 の表は、基準データ取得後に「窓を開放状態にして運転した場合（外気乱入による無駄運転）」および「フィルタを目詰まり状態にして運転した場合（吸込み風量低下による能力低下）」のデータについて、その開放度や目詰まり度の条件を変えて、上記と同じく  $T = 30$  分として取得し、マハラノビスの距離を計算した結果を示すものである。基準空間のデータセット数は 18 個であり、また距離に対するデータ頻度は F 分布に従うことから、それが 5% の確率で基準空間であることが棄却される距離はおよそ 4 であるため、算出された距離（“6.84”，“11.30”，“5.94”，“5.71”）は異常な運転状態として検出されることがわかる。なお、実際のオフィス内には室内機が多数存在するため、各空調機ごとに上記のように基準空間を作成することで各機器の運転状態を推定することが可能となる。

10

【0047】

また、図 11 および図 12 の表は、図 9 および図 10 に示した各データセットのそれぞれの特徴量に標準偏差を加え（これらの表で上記平均値データは省略している）、マハラノビスの距離を算出したものである。これにより「窓を開放状態にして運転した場合」および「フィルタを目詰まり状態にして運転した場合」と、基準空間との距離は平均データの場合に比較して大きくなることわかる。以上より各特徴量項目の平均量に変動の情報を加えることにより算出距離が大きくなり、よって判定精度が向上する。

20

【0048】

以上のように、設置空間特有の空調機器データを用いて、従来とは異なる多次元の取得データから基準空間を作成し、監視データに対してマハラノビスの距離を導出することで、各特徴項目ごとに無駄運転を検出することができる。

【0049】

実施の形態 2 .

次に、実施の形態 2 に係る空調運転監視システムについて図 13 を用いて説明する。図 13 は、複数のデータ収集時間帯で振り分けられたデータセットに基づいて、複数の基準空間を運転状態推定部 8 で作成した例を示す図である。同図では時間帯により部分基準空間  $S_a$  と部分基準空間  $S_b$  との 2 種類の部分基準空間の作成を行う例を示している。 $S_a$ 、 $S_b$  の部分基準空間作成後には、収集データセットがどの時間帯であるかにより距離算出を行う部分基準空間を選定する。

30

【0050】

この方法によれば、例えば昼間、夜間というように時間帯により基準空間を分離することができ、それら時間帯で大まかに区分された外気温度の範囲で距離計算を行うことができるため、正常でない運転状態の検出性能が向上する。

【0051】

実施の形態 3 .

次に、実施の形態 3 に係る空調運転監視システムについて図 14 を用いて説明する。図 14 は、複数のリモコンによる設定温度 ( $T_{in1}$ ,  $T_{in2}$ ) で振り分けられたデータセットに基づいて、複数の基準空間を運転状態推定部 8 で作成する例を示す図である。同図では設定温度により  $S_1$  と  $S_2$  との 2 種類の部分基準空間作成を行う例を示している。 $S_1$ ,  $S_2$  の部分基準空間作成後は、収集データセットがどの設定温度であるかにより距離算出を行う部分基準空間を選定する。

40

【0052】

この方法によれば、例えば冷房時、必要な冷凍エネルギー大（設定温度小）、冷凍エネルギー小（設定温度大）という条件範囲で基準空間を分離することができ、それら設定温度で大まかに区分された必要な冷凍エネルギー量（擬似室内熱負荷）により距離計算を行うことができるため、正常でない運転状態の検出性能が向上する。

なお、設定温度で振り分けられたデータセットと、データ収集時間帯とで振り分けられた

50

データセットとを組み合わせることで複数の基準空間を作成すれば、正常でない運転状態の検出性能が一層向上する。

【0053】

また、外気温度の大小により運転データへの影響度が変化してくるため、図15のように外気温度の範囲(Ta及びTb)によって複数部分基準空間(S1及びS2)を作成してもよい。そして監視時データセット収集時の外気温度が該当する部分基準空間を対象として、収集データセットの距離計算を行うことで、正常運転か否かの推定精度を上げることができる(図15ではデータセットDn+1が外気温度範囲Ta下で収集されたものなので、距離を部分基準空間S1を対象にして計算する)。

【0054】

実施の形態4

次に、実施の形態4に係る空調運転監視システムについて図16を用いて説明する。図16は、空調機5を起動させた際の立ち上がりデータをデータセットとして、運転状態推定部8で基準空間の作成を行い、基準空間作成後のデータセットに対してマハラノビスの距離を算出する例を示す図である。ここでの立ち上がり時間は、例えば図6及び図7で示した内容で定義することができる。なお、図16では一日一回、空調機5が立ち上がるものとしているが、一日に複数回の空調機5の起動/停止があればその回数分のデータを採用して構わない。

【0055】

図17の表は、ある特定の試験室において複数の環境条件に対する立ち上がり時の空調機5の運転データから、運転状態推定部8で基準空間を作成する際のデータセット(基準空間を構成する18個のデータセットの中の一部)の一例を示したものである。正常空間におけるマハラノビスの距離は、平均が1で与えられる。これらのデータセットは、環境条件として設定温度や風速、室内熱負荷状態、時間帯を変え、一日数回、空調機5が起動/停止を繰り返した場合の数日間の運転データを元に作成している。なお、この際の立ち上がりは図6の定義によるもので、図18に示すように、立ち上がり時間、吸込み温度-設定温度から求めた回帰直線の傾き、その他幾つかの空調機5の運転データの立ち上がり時間内の平均データを特徴量項目として用いている。

【0056】

さらに図19の表は、「窓を開放状態にして運転した場合」および「フィルタを目詰まり状態にして運転した場合」の運転データをデータ収集装置6で取得し、この運転データのデータセットと基準空間とのマハラノビスの距離を計算した結果を示したものである。基準空間のデータセット数では、それが5%の確率で基準空間に属する距離はおよそ4であるため、算出された距離(“7.54”, “4.98”, “6.32”, “5.35”)は異常な運転状態として検出されることがわかる。

以上の結果から、空調機5を起動させた際の立ち上がりデータに基づいて基準空間を作成し、その後収集されるデータセットの立ち上がり特性を用いてマハラノビスの距離を算出した場合にも、異常な運転状態検出には有効であることがわかる。

【0057】

また、以上のように基準空間の作成により、立ち上がりデータ及び安定時データを用いた場合、異常運転を検出することが可能であるため、図20に示すように、それらを1データセットとして基準空間を作成し、距離判定を行う事で更に精度よく異常運転を検出することが可能となる。

【0058】

以上の方法で基準空間を作成する場合、正常状態を完全に維持することができないため、例えば基準データ取得中に人為的に空間の熱負荷が大きくなる(ブラインド開放、会議室に人がぎゅうぎゅう詰め)など、収集した基準空間データセットが様々なノイズの影響を受け、理想的な正常運転時のデータから少々離れてしまうことも考えられる。その場合、マハラノビスの距離の平均が1である基準空間データセットの中でも、平均からの離れ具合が大きいと想定されるため、そのマハラノビスノ距離が大きいものとして示される場合

10

20

30

40

50

が多い。

【0059】

そこで、 $n > k + 2$  の場合に、マハラノビスの距離が最も大きいデータセットを除いて  $n - 1$  個のデータセットから基準空間を作成することにより（例えば表2の基準空間データでは基準条件1が排除となる）、ノイズの影響を受けたデータセットを基準空間から排除することができる。

【0060】

以下、図21のフローチャートを用いて、具体的な処理の流れを説明する。 $i$  ( $i = 1, 2, \dots$ ) はデータセット  $D_i$  のカウントを示す変数であり、 $n$  は設定した基準空間を構成するデータセットの個数である。まず、データ収集装置6は、メンテナンス終了後にデータ収集を開始し (S201)、時間幅  $T$  間での特徴量算出を行う (S202)。次に、運転状態推定部8は、変数  $i$  と  $n$  との比較を行い (S203)、変数  $i$  が  $n$  以下の場合には、データ収集装置6で収集したデータを基準データセットとして採用し、データセット記憶部10に蓄積する (S204)。そして、変数  $i$  が  $n$  になった場合には (S205)、データセット記憶部10に記憶された複数のデータセットを読み出して、これらのデータセットのマハラノビスの距離を算出し、基準空間 (A) を作成する (S206)。

【0061】

次に、基準空間 (A) の中で最大距離のデータセットを選択し (S207)、このデータセットを排除した基準空間 (B) を作成する (S208)。そして、S207で選択した最大距離のデータセットとS208で作成した基準空間 (B) とのマハラノビス距離 ( $MD^2_0$ ) を計算し (S209)、異常検知とするマハラノビスの距離の設定閾値 ( $MD^2_t$ : 一般的には3~4程度) とS209で算出したマハラノビス距離 ( $MD^2_0$ ) とを比較する (S210)。

【0062】

この比較でマハラノビス距離 ( $MD^2_0$ ) が設定閾値 ( $MD^2_t$ ) より小さい場合には、そのデータセットがノイズをほとんど受けていないものと判断して、基準空間 (A) を採用する (S211)。採用した基準空間 (A) は基準空間記憶部11に記憶させる。また、マハラノビス距離 ( $MD^2_0$ ) が設定閾値 ( $MD^2_t$ ) より大きな場合には、そのデータセットが大きなノイズを受けたものと判断して、基準空間 (B) を採用する (S212)。採用した基準空間 (B) は基準空間記憶部11に記憶させる。そして、S205の処理で変数  $i$  が  $n$  でない場合およびS211, S212の処理終了後、S201に処理を戻す。

【0063】

ここで、S210~S212で、基準空間 (A) と基準空間 (B) とを選択的に採用するのは以下の理由による。まず、基準空間 (A) は基準空間 (B) に比べてデータセット数が多いため、基準空間の幅が広がり、異常検出可能なデータの守備範囲が広がる。また、基準空間 (B) は基準空間 (A) に比べて幅が狭くなるが、各データセットの距離のばらつきが小さくなるため、異常検出の精度が高くなる。このように、基準空間 (A) と基準空間 (B) とで、それぞれ性質が異なるため、S207で選択した最大距離のデータセットがどの程度基準空間 (B) から離れているかを、設定閾値 ( $MD^2_t$ ) に基づいて判断し、あまり離れていない場合には、「異常検出可能なデータの守備範囲」を重視して、基準空間 (A) を採用し、大きく離れている場合には、「異常検出の精度」を重視して、基準空間 (B) を採用しているのである。

【0064】

また、変数  $i$  が  $n$  より大きい場合には、基準空間作成後の異常検出処理を行う。この処理では、まず基準空間記憶部11から基準空間を読み出して、この基準空間とデータ収集装置6で収集したデータとのマハラノビスの距離 ( $MD^2$ ) を、上述した数式を用いて計算する (S213)。そして、異常検知とするマハラノビスの距離の設定閾値 ( $MD^2_t$ : 一般的には3~4程度) と算出したマハラノビス距離 ( $MD^2$ ) とを比較して (S214)、異常が認められればその旨を報知部9で報知する (S215)。また、異常が認めら

10

20

30

40

50

れなければ、S 2 0 1 に処理を戻して、再度、データ収集装置 6 で運転データの収集を行う。

#### 【0065】

このような処理を行うことにより、基準データセット作成時に発生したノイズ成分を含むデータセットを取り除くことが可能となる。確率的にはデータセットの数が多ければ多いほど、排除したデータセットの新規基準空間に対する距離は小さくなる傾向にある。従って、ここでの閾値 ( $MD^2_{0t}$ ) は基準データセット数に応じて定め、データセット数が少なければ標準的な閾値の 3 ~ 4 に対し少し大きめの値を設定する。

#### 【0066】

また基準空間データ作成時と測定データ収集時との測定時間差が大きいと、外気温度の条件の大きな変化により基準空間作成時の外気温度と大きなずれが生じてしまう場合がある。この場合には、なるべくその時間差を狭めると測定精度が向上する。従って、測定データの一個前までのデータで基準空間を構築し、その後に収集したデータセットの距離を測定するようなデータ構成とする。その場合、その一手法としては基準データセット数を固定しておいて、一つデータが更新されるたびに一つデータを削除するなどの方法がある。この際、追加時対象となるデータが、その時点の基準空間からの距離で見て正常範囲であればそれを追加し、その代わりに一番古いデータを削除するようにする。

10

#### 【0067】

なお、本実施の形態では、監視対象装置として空調機 5 を例に挙げて説明したが、空調機 5 のみに限定されることなく、例えば、照明機器、冷蔵庫、エレベータ、エスカレータ、

20

#### 【0068】

##### 【発明の効果】

本発明は以上説明したように、例えば各空調機がエネルギー的に無駄な運転状態になる場合など、運転状態に異常がある場合、その異常状態を種類によらず幅広く推定することができる。また早期異常検出が可能となるため、その報知を受けた監視者は素早い対応することが可能となる。

#### 【0069】

さらに、多様な現地空調システムの運転状態に基づいて基準空間を作成することができるため、その非汎用的な試験室レベルでのデータベースを補正して用いるなどの煩わしい作

30

##### 【図面の簡単な説明】

【図 1】実施の形態 1 に係る空調運転監視システムの構成を示すブロック図である。

【図 2】マハラノビスの距離を算出するためのデータセット構造を示す図である。

【図 3】実施の形態 1 における基準空間作成の方法を示す図である。

【図 4】運転状態判定の流れを示すフローチャートである。

【図 5】測定データ時刻と外気温度との関係を示す図である。

【図 6】立ち上がり時間及び安定時間の一例について示す図である。

【図 7】立ち上がり時間及び安定時間の他の一例について示す図である。

【図 8】設定温度が変化した場合のデータセットの取り扱いを示す図である。

40

【図 9】安定時の基準空間データセット（平均データ）とそのマハラノビスの距離とを示す図である。

【図 10】安定時の無駄運転データセット（平均データ）とそのマハラノビスの距離とを示す図である。

【図 11】安定時の基準空間データセット（偏差データのみ）とそのマハラノビスの距離とを示す図である。

【図 12】安定時の無駄運転データセット（偏差データのみ）とそのマハラノビスの距離とを示す図である。

【図 13】時刻ごとに基準空間を分割する方法を示す図である。

【図 14】設定温度ごとに基準空間を分割する方法を示す図である。

50

【図15】外気温度ごとに基準空間を分割する方法を示す図である。

【図16】空調機データの立ち上がり部分を利用して基準空間を作成する方法を示す図である。

【図17】立ち上がり時の基準空間データセット(平均データ)とそのマハラノビスの距離とを示す図である。

【図18】立ち上がり時、距離算出に用いる特徴量の一例を示す図である。

【図19】立ち上がり時の無駄運転データセット(平均データ)とそのマハラノビスの距離とを示す図である。

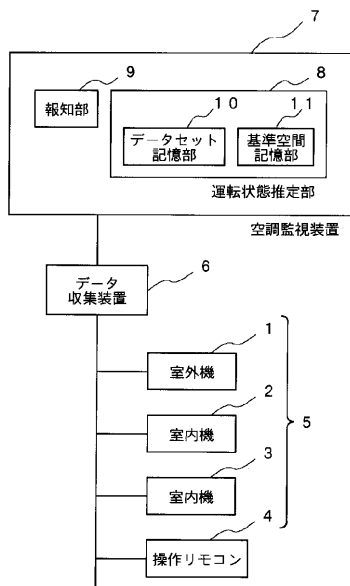
【図20】空調機データの立ち上がり部分と安定部分のデータで基準空間を構成する方法を示す図である。

【図21】基準空間のうち大きなノイズを含むデータセットを排除する流れを示すフローチャートである。

【符号の説明】

1...室外機、2, 3...室内機、4...室内リモコン、5...空調機、6...データ収集装置(データ取得部)、7...空調監視装置、8...運転状態推定部、9...報知部、10...データセット記憶部、11...基準空間記憶部。

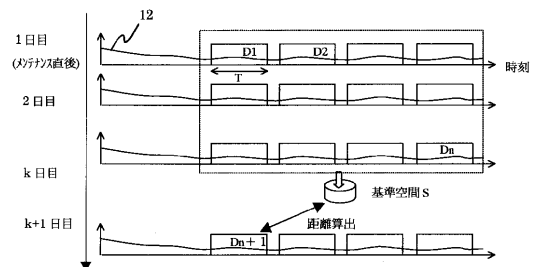
【図1】



【図2】

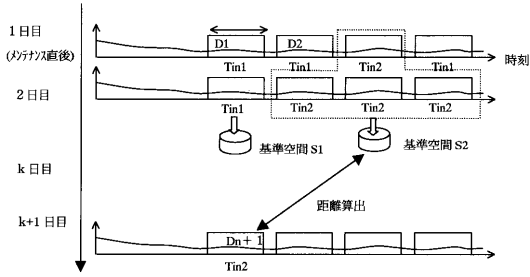
条件	データセット名	特徴量 1	特徴量 2	...	特徴量 k
環境条件 1	D1	Y11	Y12	...	Y1k
環境条件 2	D2	Y21	Y22	...	Y2k
...	...	...	...	...	...
環境条件 n	Dn	Yn1	Yn2	...	Ynk

【図3】

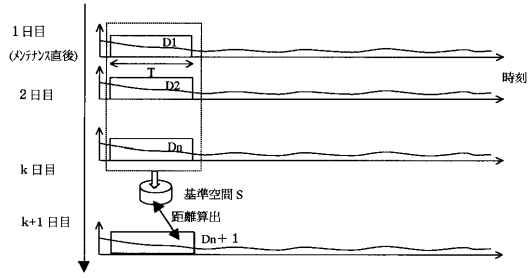




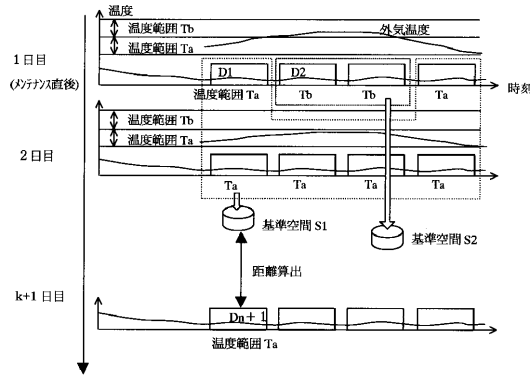
【図 14】



【図 16】



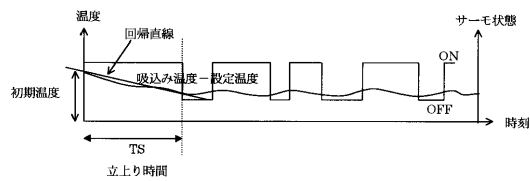
【図 15】



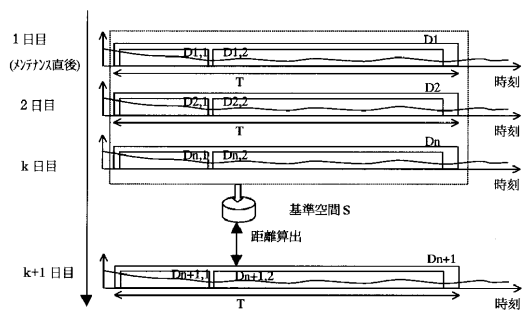
【図 17】

環境条件名	データセット名	吐出温度	蒸発温度	実演回数	室外機温度差	室内機温度差	目標温度差	配管温度差	膨張弁開度	吸込温度-目標温度の積き間	立上りサーモ ON 時間	MD
基準条件10	D1	86.38	0.76	50.53	10.38	24.75	2.51	14.86	0.11	-0.28	19.00	0.42
基準条件11	D2	61.29	5.58	48.76	8.76	22.09	0.69	20.91	0.09	-0.04	51.00	1.083
基準条件12	D3	79.01	-0.16	43.26	9.88	25.48	2.33	16.39	0.12	-0.18	19.00	1.041
基準条件13	D4	91.11	0.54	73.22	12.96	25.96	1.50	16.16	0.09	-0.36	9.00	0.8
基準条件14	D5	92.94	-0.41	73.92	14.63	26.86	1.45	16.14	0.09	-0.32	12.00	0.626
...												

【図 18】



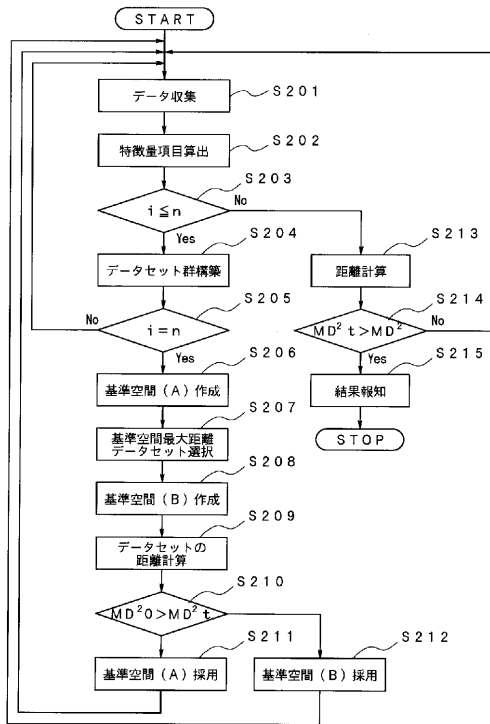
【図 20】



【図 19】

環境条件名	データセット名	吐出温度	蒸発温度	実演回数	室外機温度差	室内機温度差	目標温度差	配管温度差	膨張弁開度	吸込温度-目標温度の積き間	立上りサーモ ON 時間	MD
意開放条件3	D22	65.37	3.34	74.00	13.08	24.77	1.11	21.96	0.12	0.00	90.00	7.54
意開放条件4	D23	58.36	8.09	38.36	10.33	18.73	1.82	22.50	0.10	-0.01	90.00	4.96
フィルタ詰まり条件3	D32	91.13	1.16	57.16	11.91	24.72	2.38	11.12	0.11	-0.21	19.00	6.32
フィルタ詰まり条件4	D33	86.71	4.00	66.40	10.81	24.05	1.05	19.67	0.09	-0.27	10.00	5.35

【 図 2 1 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 山下 浩司

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

Fターム(参考) 3L060 AA02 AA03 CC08 CC17 EE01 EE22

3L061 BA01

5H223 AA11 BB02 CC01 CC09 DD03 DD05 DD07 DD09 EE02 EE06

EE29 FF01 FF05 FF06