



Title	設定値管理プログラムと居住者操作モデリング
Author(s)	高本, 淳; 成瀬, 彰彦
Description	第3回衛生工学シンポジウム (平成7年11月9日 (木) -10日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 3 モデリング、情報管理 . 3-2
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 3, 145-150
Issue Date	1995-11-01
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/7899">https://hdl.handle.net/2115/7899</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	3-3-2_p145-150.pdf



## 3-2

### 設定値管理プログラムと居住者操作モデリング

高本 淳 (山武ハネウエル ビルシステム事業部)  
成瀬 彰彦 (山武ハネウエル ビルシステム事業部)

#### 1. はじめに

「快適環境と省エネルギーは両立できるか」という命題がある。すなわち、「快適を犠牲にした省エネ室温設定」は可能だが、「より快適に、より省エネとなる室温設定」は可能だろうか。

図.1は、室内温度に対する冷熱消費エネルギーと居住者の快適性を模式的に示したものである。たしかに、図中Aの領域においては室温を下げる程、快適性は良好になるものの消費エネルギーも増加している。しかしながら、図中Bの領域、冷房しすぎの過冷領域においては室温を上げるほど、「より快適に、より省エネとなる」ことがわかる。このような、冷房時の冷やしすぎ、暖房時の暖めすぎという現象は、後ほどデータとして示すように一般的に多く見うけられる。

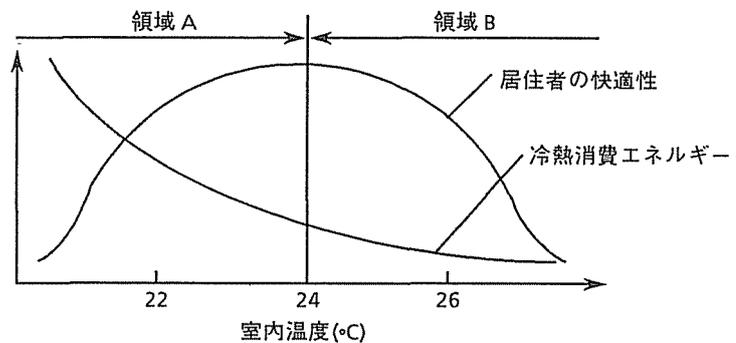


図.1 居住者の快適性と冷熱消費エネルギーの関係

#### 2. 快適な温熱環境とは

ここでは、室内温熱環境の快適性について考える。

##### 2.1 室内環境とは

室内環境とは、①温熱、②空気、③光、④音、⑤空間の各要素により構成される。空気環境とは二酸化炭素濃度や粉塵濃度といったもので、空間環境とは部屋の広さ・色彩、収納スペースというように巾広い項目にわたる。

##### 2.2 温熱環境とは

温熱環境に影響を与える因子は、物理的なものとして室内温度、放射温度、気流、湿度の4要素、人的な2要素として着衣量と活動量があげられる。また、これらの要素を複合的に考慮した温熱環境指標として、PMV(Predicted Mean Vote: 予測平均申告)などがある。

##### 2.3 快適とは

快適は以下の3つのカテゴリに分けられる。

###### (1) 何も感じない快適

暑くも寒くもない状態で、PMV指標では、Neutralと表現される。統計的的平均的に居住者の大多数が不快を感じない状態で、消極な快適性といいかえられる。

## (2) 刺激を感じる快適

真夏の外出から戻った時のエアコンの涼しい風,あるいは,エントランスロビーの香りといった,刺激を感じさせる積極的な快適性である。

## (3) 自ら調節できる満足

暑い時には温度を下げ,寒い時には温度を上げられること,極端に言えば実際に温度が変わらなくても,温度設定ができるということで満足感,ひいては,快適感が得られる。

以降本論文においては,室内温熱環境の何も感じない快適と自ら調節できる満足に注目する。

# 3. 温熱環境センサとそのアプリケーション

## 3.1 室内温熱環境の現状

前述した「冷房時の冷やしすぎ,暖房時の暖めすぎという現象」をデータで検証する。全国25箇所のオフィスビルを対象にアンケート調査および環境測定した結果によると,夏期「寒すぎることもある」と答えた人は48%,冬期「暑すぎることもある」と答えた人は72%にも達していることがわかる。また,室内温度の平均値が快適な範囲を逸脱して,過冷過熱によるエネルギー浪費となっているオフィスが,とくに冬期において多数あることがわかった。

## 3.2 現状問題点の原因と解決策

このような過冷過熱によるエネルギー浪費の原因としてつぎのような点があげられる。

### (1) 室温設定値の判断基準がない

建物設計時には,冷房設定26度,暖房設定22度といった値が用いられるものの,実際の建物運用時において室温設定値を何度にしたらよいのかという判断基準がないというのが現状である。そのため,利用者の「暑い」「寒い」といったクレームをもとに設定変更がなされる場合,しばしば,「冷房時の冷やしすぎ,暖房時の暖めすぎという現象」が生じやすくなる。

### (2) 室温以外の要素を考慮していない

人間の実際に感じる体感温度は,前述したように放射温度などの他の要素も大きく影響している。たとえば,建物のペリメータ領域(窓,外壁の周辺部)においては窓面からの放射温度により,冬期の北面の窓際では冷たい窓表面温度の影響で実際の室温よりも冷たく感じるし,夏期の南面においてはより暑く感じるはずである。また,空調の吹出口の真下や風を活用したロビー空間などにおいては気流により体感温度は下げられる。

このような原因の解決策としては,①PMVなどの客観的な環境指標を用いて室温設定値を管理すること,②用途に応じた温熱環境センサを用いて体感温度ベースでの計測・制御を実施することがあげられる。

## 3.3 温熱環境センサによる体感温度の計測

体感温度には,室内温度のほかに,放射成分を加味した作用温度や,放射と気流の影響を考慮した等価温度があげられる。ここでは,放射温度センサと等価温度を検出する快適度センサを簡単に紹介する。

### 3.3.1 放射温度センサ

サーモパイル素子を用いて物体の表面温度を遠隔,非接触で計測する。サーモパイルは,

物体温度によって決まる赤外線エネルギーをゼーベック効果により熱起動力に変換する素子である。放射温度の影響の大きい、ペリメータ空間やガラス面の大きいアトリウム空間などに適用され、作用温度ベースでの制御を行うことができる。

### 3.3.2 快適度センサ

人間が体温を一定に保つ働きをモデル化し、発熱体の表面温度が一定となるように調節された電流値をもって体感温度とする。そのため、放射温度および気流成分を加味した等価温度を検出できる。放射温度や気流の影響の大きい、イベントホールや人の密集する空間などに適用され、等価ベースでの制御を行うことができる。

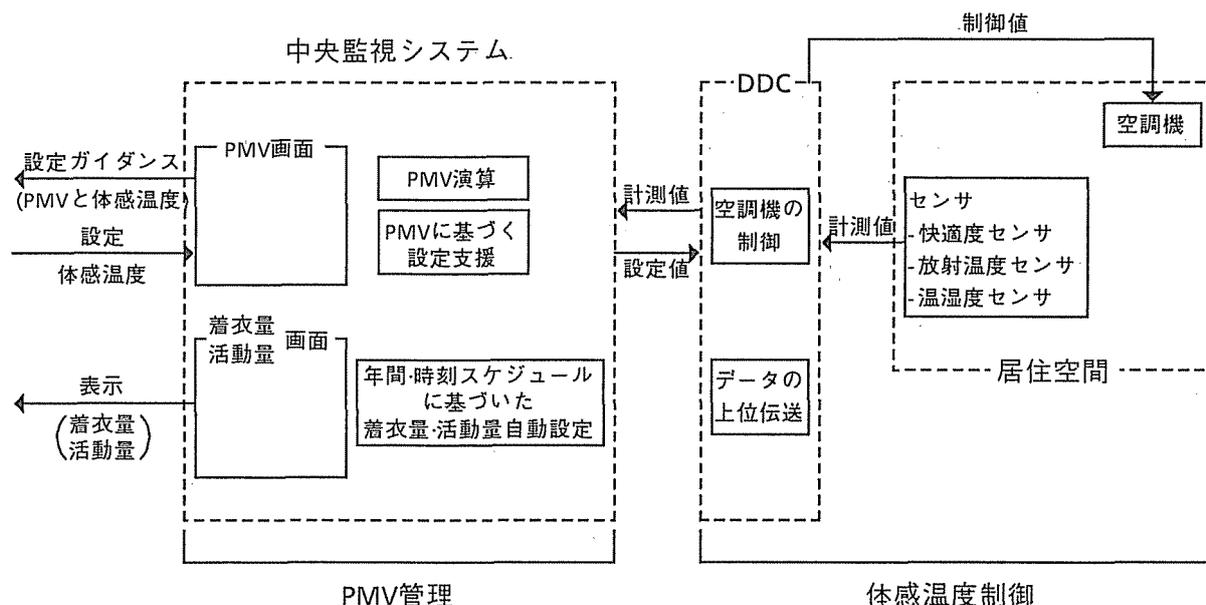


図.2 PMV管理と体感温度制御

### 3.4 PMV管理・体感温度制御

温熱環境センサを用いたPMV管理・体感温度制御のアプリケーションの概念を図.2に示す。建物用途に応じて、温度、作用温度、等価温度ベースのローカルループ制御を行う、中央監視システムにおいては、着衣量および活動量のパラメータを用いてPMV指標を基準とした管理を行う。ビル管理者は、PMV指標を参照しながら従来のように温度ベースで設定値を決定できる。

## 4. ユーザーズオペレーション機器とそのアプリケーション

### 4.1 ユーザ設定をめぐるニーズ

前述したように、現状の空調はかならずしも満足できる状態でないが、別の視点でアンケート調査を実施した結果、自ら空調を調節したいというニーズの大きいことが確認された。また、室温(作用温度)に対する快適感と温熱感については、統計的平均的な快適感、温熱感、PMV指標で代表できるものの、個々の被験者を見た場合かなりばらつきの大きいことがわかった。

これらの事例から、利用者自らその時々々に欲する室温の設定のできることが満足感につながる事がわかる。

## 4.2 ユーザーズオペレーション機器

これらのニーズをみたすため、建物用途や設置箇所に応じて、各種のユーザーズオペレーション機器を用意している。その代表的なユーザー操作器であるネオターミナルは、個々の空調機器の発停・温湿度設定(4系統まで可能)や外気環境表示(外気温度、外気湿度、降雨)が可能である。また、利用者による勝手な操作や過度の設定を防止するため、パスワード方式による利用者の限定機能や設定可能な室温の上下限機能をもつ。

# 5. 室内環境の設定値管理プログラム

## 5.1 室内環境の設定値をめぐるニーズ

室内環境の設定値をめぐるニーズは、温熱環境センサおよびユーザーズオペレーション機器の項目に記述したように過冷過熱を防止し快適性・省エネ性を向上するとともに、利用者による設定変更操作も尊重したいということになる。さらに、ビル管理者やビルオーナーの視点からは、以下のような点があげられる。

- ① 何を判断基準として設定したらよいか
- ② 利用者の設定にまかせた場合、エネルギー浪費とならないか
- ③ 省エネ設定とした場合、利用者のクレームとならないか

## 5.2 設定値管理ニーズの解決策

設定値管理へのニーズを解決するため、前述した温熱環境センサやユーザーズオペレーション機器を活用した中央監視システムのアプリケーションである設定値管理プログラムを開発した。設定値管理プログラムは以下のような機能をもつ。

### (1) 複数の設定値要求を調和する

以下のような相異なる設定値要求を調和、実現させる。

- ① PMVなどの客観的な快適感を基準とする設定値
- ② 利用者が好みで操作する設定値
- ③ 省エネルギーや省コストを重視する設定値

### (2) 利用者の設定変更操作の履歴を学習する

ファジィ・ニューロ技術により、利用者の設定変更操作の履歴を学習モデルとして覚え、平均的な快適性および省エネ性をみたした上で、自動的に利用者の好みの設定を実現する。

## 5.3 設定値管理プログラムの機能

### 5.3.1 機能概要

設定値管理プログラムは、利用者による室温設定に快適性や省エネ性を考慮して、室温設定値をファジィ・ニューロ設定値モデルにより自動的に管理するアプリケーションである。

設定値管理プログラムは、①PMV上下限機能、②設定値協調機能、③設定値学習機能の3つの機能より成り立つ。室温の設定値管理において、平均的な快適性、省エネ性、個人的な好みのうち、何を重視するかにより3つの機能毎に、登録(制御の実行)または削除(制御の保留)あるいは制御パラメータをチューニングすることが可能である。

### 5.3.2 PMV上下限機能

利用者による設定変更後、一定時間(設定保持時間)経過した時に、室内のPMV値があらかじめ指定したPMV上限値を上回っていた場合、あるいは、PMV下限値を下回っていた場合に、PMV

値が許容範囲内となるように室温設定値を変更する。これより、利用者の望んだ室温が一時的に実現されるとともに、一定時間後は利用者全員の快適性および省エネを考慮した室温が実現される。

### 5.3.3 設定値協調機能

利用者による設定変更後、一定時間経過した時に、同一プログラムに設定された各空調ゾーンの室温設定値(複数)のばらつきが大きい場合、それらの平均値との偏差上限値内に設定値を変更する機能である。これより、利用者の望んだ室温が一時的に実現されるとともに、一定時間後は室温設定値(複数)のばらつきが小さく、制御性、省エネ性を考慮した室温が実現される。

### 5.3.4 設定値学習機能

利用者による設定変更後、一定時間経過した時に、PMV上下限機能および設定値協調機能により修正された室温設定値をビル管理者による設定値と比較し、その偏差をファジィ・ニューロ設定値モデルとして学習する。利用者による設定変更がない場合は、一定時間(たとえば、10分程度)ごとに、ファジィ・ニューロ設定値モデルにより学習された室温設定値が自動的に再現される。これにより、利用者固有の好みの室温設定値が実現される。

### 5.3.5 ファジィ・ニューロ設定値モデル

ファジィ・ニューロ設定値モデルは、入力要素として室内PMV値および室内湿度、出力要素として室温設定値とビル管理者設定値との偏差をとり、モデルの学習手法としてファジィ・ニューロ技術を活用している。

#### (1) 入力要素

対象とする居室あるいは利用者固有の室温設定の特性は室内温熱環境、季節、外気環境、生活リズムなどにより特徴づけられる。ここで、室内温熱環境はPMVの構成要素である室内温度、放射温度、気流速度、室内湿度、着衣量、活動量が影響因子としてあげられる。これらの要素をすべて考慮してモデル化した場合、ファジィ・ニューロモデルにおける領域分割が膨大になり、製品としてのメモリ領域などに支障をきたすとともに、現場における調整作業も困難となる。そこで、モデルリダクションを行い入力要素として、温熱感を代表する室内PMV値および湿気感を代表する室内相対湿度を採用した。この場合、季節や外気環境の影響は着衣量の年間リズムングにより、生活リズムの影響は活動量の日リズムングにより、間接的にモデルに反映されるものと考えた。

#### (2) 出力要素

出力要素としては、室温設定値があげられるが、設定値にはビル管理者設定と利用者設定の2通りある。そこで、本プログラムにおいてはビル管理者設定を基準値ととらえ、その基準値からの偏差(以降、この値をアクション値という)を利用者設定として、その偏差を学習対象とするとともにモデルの出力要素とした。これは、大局的立場にたって室温管理をしているのはビル管理者であり、利用者の室温設定は基準値との相対的傾向を学習対象とするべきであると考えたためである。

#### (3) 学習方法

##### ① 学習対象とするニューロ領域の特定

PMV、相対湿度をそれぞれ温熱感、湿気感の代表指標ととらえ、利用者の設定変更操作のあった時のPMV、相対湿度に対応するニューロ領域を選択する。

## ② アクション値の算出

上記したように、ビル管理者設定を基準値としてアクション値を算出する。アクション値は利用者設定ビル管理者設定で定義される。また、学習モデルによる出力を行う際は隣合うニューロ領域のアクション値の間でファジィ演算を実行する。

## ③ 学習モデルの更新

対象ニューロ領域においてアクション値を学習するが、この時、旧モデルアクション値と今回アクション値との重み付け平均をもって、新モデルアクション値とする。この時、あるPMV～相対湿度領域において室温設定を上げる操作がなされた場合、それよりも低温低湿の領域においても同様に「寒い」あるいは「涼しい」と申告されると考えられるため、対象ニューロ領域よりも低PMV低湿の領域においても学習モデルの更新を行う。これにより、より少ない操作回数で利用者の設定値モデルが構築できることとなる。

### 5.3.6 ヒューマンインタフェース

前述したように、大局的に室内温熱環境を管理しているのはビル管理者であり、そのため、室内温熱環境および利用者操作状況などの情報を的確に中央監視システムの画面上で表現することは重要となる。

#### (1) 室内温熱環境状況

1日の室内温度、相対湿度履歴の状況を等PMV線を補助線として散布図で表現する。プロットは、一定時間(たとえば、10分程度)ごとに描画される。これにより、1日の室内温熱環境がPMVを評価指標として適正かどうか確認される。同時に設定値管理プログラムの3機能の登録状況、および、現在の室内温度、相対湿度、着衣量、活動量も数値あるいはグラフィックで表現される。

#### (2) 利用者操作状況

室内湿度、相対湿度を座標軸として、PMV値と湿度のニューロ領域ごとに利用者の操作状況をグラデーション表示する。すなわち、利用者が室温設定を上げた場合は青色で、下げた場合は赤色で、その変更操作が大きいほど濃い色で表現する。この画面で、赤色の領域は「暑い」「温かい」ということで設定が下げられた環境であり、青色の領域は「寒い」「涼しい」ということで設定が上げられた環境である、つまり利用者の潜在的なクレーム領域を表現している。したがって、現在の温湿度が白色の領域にあればビル管理者の設定が適正で快適な環境にあるといえる。

#### (3) 着衣量・活動量設定

着衣量は月別に、活動量は時刻別に設定可能であるが数値による設定を感覚的に行うため、グラフィックによるガイダンス画面を用意している。