

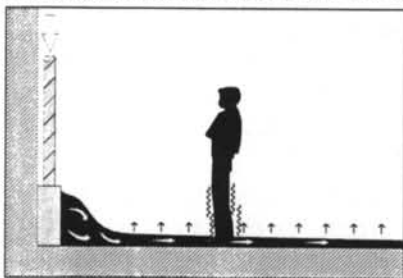
全面床吹出し空調システム

竹林 芳久
(技術開発センター)
小林 昌弘
(技術研究所)
野部 達夫
(設計本部)

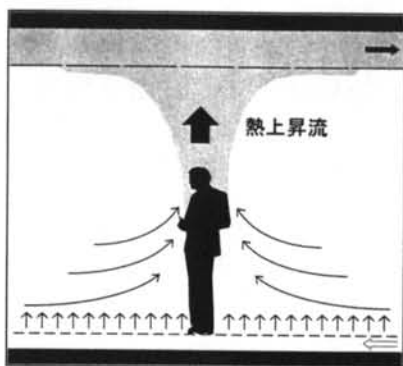
§1. はじめに

現在普及している空気調和システムはそのほとんどが室内の空気を積極的に攪拌し、理想的には完全混合させることを主旨としている。室内で発生した熱負荷や空気の汚染は空気の動きに伴う希釈・拡散の作用によって処理されるので、一箇所で発生した負荷や汚染はその周囲に何らかの影響を与える。オフィスでコンピュータを設置した周囲に熱気が及ぶことや、タバコを吸うと周囲で煙く感じるのもこの結果である。

一方、ディスプレイメント換気と呼ばれる方式は室内に温度成層を積極的に形成することによって



図一 1 現行のディスプレイメント換気



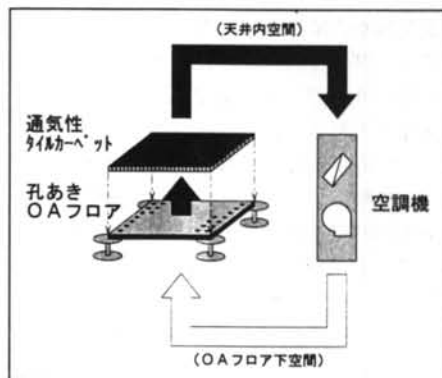
図一 2 全面床吹出し空調システム概念図

居住域を常に新鮮な給気で包み込み、居住域で発生した熱や汚染質を周囲に拡散させずに上部空間へ排除する考えかたの換気(空調)方式である。床面からの給気は発熱の大きいほうへ自律的により多く引き寄せられる。前述の攪拌混合型の空調方式に比べ、エネルギー消費、換気性能などの点で優れているといわれている。

しかし北欧を中心に普及している現行のディスプレイメント換気では、室内への給気は部屋隅の壁面下部に設置された吹出口から行なわれるために居住者の足もとを這う低温の気流に起因する不快感が指摘され²⁾、また暖房への適用も不可能である(図一1)。

そこでディスプレイメント換気の特長を活かしながらそれらの問題点を解消し、さらに暖房をも可能とするシステムとして、室内への給気を床面から行なう「全面床吹出し空調システム」が考えられる(図一2)。本方式では通気性のタイルカーペットを孔あきの二重床の上に敷き込み、床全面から給気を室内に非常に低い速度で均一に供給する(図一3)。

本報は実大実験によって得られた本方式の温度プロフィール、気流性状、換気性能などの諸特性と、

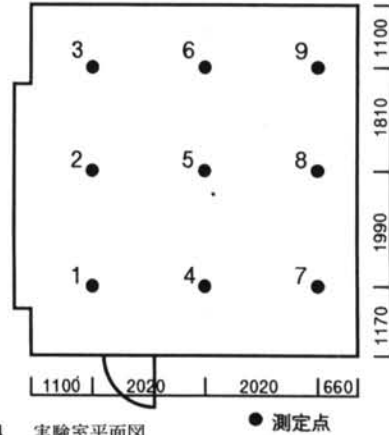


図一 3 全面床吹出し空調システムの構成

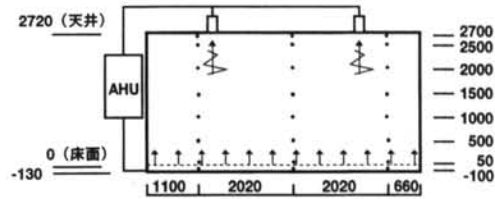
制御方法、被験者実験による評価などについて報告し、新しい概念の空調システム開発の嚆矢となすものである。

§ 2. 実験設備

図一 4, 5 に示す実験室を恒温室内に作り、室内空間各点の温度をT種熱電対にて計測した。壁面、天井は厚さ100mmの現場発泡ウレタンにより断熱を施した。照明器具は下面開放埋込型蛍光灯、計580W (16W/m²) を配置した。床面は厚さ30mmの合板で、直径9mmの穴を30mmピッチで全面にあげて二重床内から室内への給気経路とした。§ 4.以降の実験ではこの上に前述の通気性タイルカーペットを全面に敷設している。二重床内はプレナムチャンバとし、一端に空調機からの給気ダクトを接続している。室内の空気温度は図一 4, 5 に示すとおり、高さ方向7点を9カ所にて測定した。実験によっては室内にCRTディスプレイ付きデスクトップ型パソコン(NEC PC-9801 & PC-KD551K)を高さ0.7mの机上に設置し、在室者は椅子に着席して事務作業を行った。パソコン1台の発熱量は80Wであった。



図一 4 実験室平面図



図一 5 実験室断面図

§ 3. 室内発熱と垂直温度分布

3.1 実験概要

本方式では室内に温度成層を積極的に形成させるため、冷房時はいわゆる「頭寒足熱」に反する傾向の垂直温度分布となる。この傾向は従来からの完全混合型空調においても問題となる場合があり、ASHRAEやISOにおいても居住域の最大上下温度差の推奨値が提唱されている³⁾。また、本方式は一般のディスプレイメント換気と異なり給気を床全面から行なうので、その温度分布も従来方式とは様相が異なると推測される。

そこで実際の内部発熱負荷要素(照明、人体、パソコン)を用いて、それぞれの負荷の状態に対する温度分布の特徴を把握するための実験を行なった。また、居住者の歩行動作や風量を変化させた場合の影響についても実験を行なった。

3.2 実験方法

空調機は二重床のプレナムチャンバ入口部におけ

実験パターン	A	B	C	D	E	F
図一3,5の記号	□	+	◇	▷	×	◁
照明	OFF	ON	ON	ON	ON	ON
在室者	—	—	3人	—	3人	6人
パソコン	—	—	—	3台	3台	3台

表一 1 実験パターン

る給気温度を一定に制御した。表一 1 に示すとおり、照明、在室者、パソコンを組み合わせて実験パターンを設定した。各実験では負荷を継続的に与え、定常状態になったところでデータを採取した。

3.3 温度分布

3.3.1 温度分布の概要

風量を換気回数で6回/hに設定した場合の各実験パターンに対する垂直温度分布の計測結果を図一 6 に示す。温度は同じ高さ9カ所の測定ポイントの平均値で、平面的な温度のばらつきはいずれの実験も小さい。例えば実験パターンD(照明点灯、パソコン3台稼働)では、床上0.5m、床上1.0m、床上2.0mの水平温度分布は図一 7 に示す通り、±0.2°C程度であった。

図一 8 は図一 6 を(1)式によって無次元化したものである。

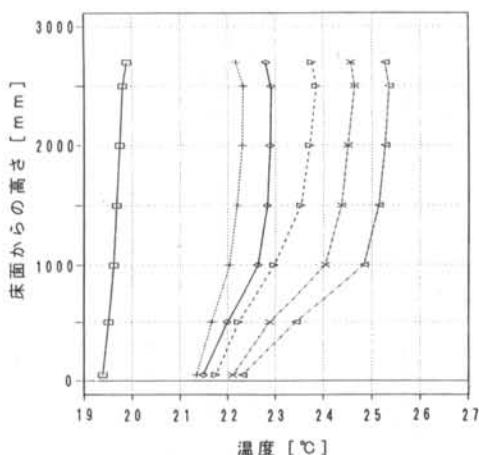


図-6 各実験パターンにおける垂直温度分布

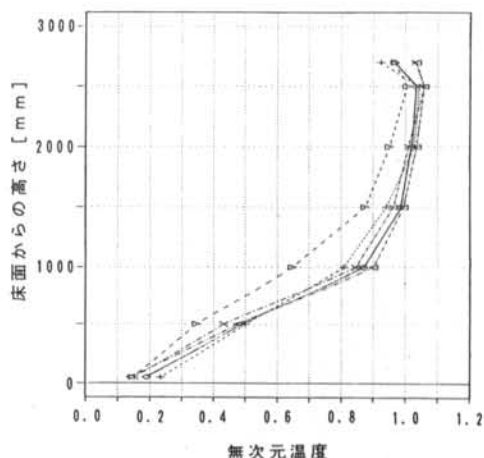


図-8 各実験パターンにおける垂直温度分布 (無次元)



図-7 実験パターンDにおける各高さの水平温度分布

$$\text{無次元温度} = (T - T_S) / (T_E - T_S) \quad \dots\dots(1)$$

T : 各点の室温 [°C]

T_S : 給気温度 [°C]

T_E : 排気温度 [°C]

給気温度は床の給気孔通過時の給気温度とし、排気温度は天井の吸込口に測定した。

室内に熱負荷がある場合、温度勾配が比較的急な部分(床面から床上1.0~2.5mまで)と、緩やかな部分(床上1.0~2.5mから天井まで)の存在が観察された。

3.3.2 照明発熱の影響

照明の点灯が垂直温度分布に及ぼす影響は、表-1および図-6、8において実験パターンA(照明

消灯)、B(照明点灯)の差で示される。このとき各点の温度はほぼ一様に上昇した。温度勾配は顕著ではない。照明の放射エネルギーの影響と思われる床面温度の上昇(19.5→21.4°C)に伴い、床の給気孔を通過する給気温度も19.4→21.1°Cの変化がみられた。

3.3.3 人体発熱の影響

照明を点灯した状態における在室者の有無による影響は、同じく実験パターンB(在室0人)、C(在室3人)の差で示される。垂直温度分布は、床上1.0~1.5m付近より下部の温度勾配が急になり、上部と様相を異にする。

3.3.4 機器発熱の影響

同様に、照明を点灯した状態におけるパソコンの発熱による影響は、同じく実験パターンB(パソコン0台)、D(パソコン3台)の差で示される。前述の人体発熱と比較して、温度勾配が変化する境界の高さは床上1.5~2.5mと比較的高い位置にある。

§4.で述べるようにパソコン上部には明瞭なブルームが発生しており、図-9に示す装置を用いてパソコン直上にて捕捉して微風速計にて測定した風速からブルームの風量を算出したところ平均37m³/hで、温度は周囲に比べて平均3.1°Cの上昇がみられた。

この実験室内にパソコンが3台ある場合は合計100m³/h以上ものブルームが発生することになり、さらにブルームは上昇するにつれて周囲の空気を誘引して大きな流れとなる。この誘引される空気量が床面からの供給風量と等しくなる高さが存在し、この境界より上部では天井付近へあがったブルームの

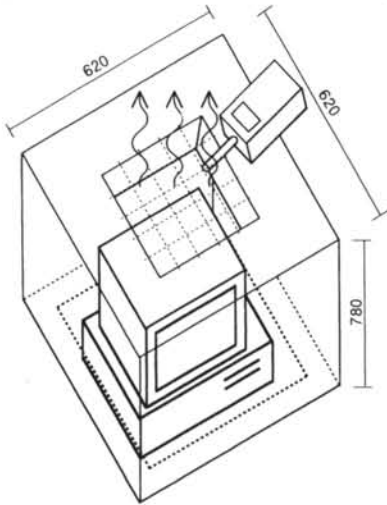


図-9 ブルーム捕捉チャンバ(発泡ポリスチレン製)

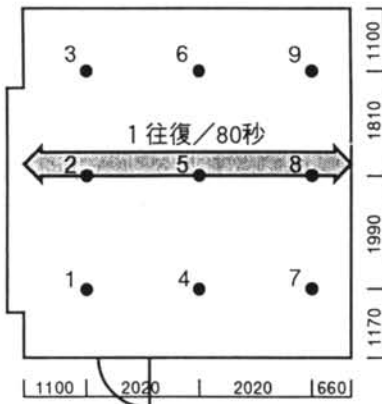


図-10 在室者の歩行経路

一部が再び下降してブルームに誘引されるものと考えられる⁴⁾。この境界の高さは実験パターンによって異なるが、図-6、8において温度勾配が変化する高さ(床上1.0~2.5m)に存在するものと思われる。後述のように、室への供給風量を変化させた場合はこの境界の高さが変化する。

3.3.4 機器発熱+人体発熱の影響

6人在室(約0.2人/m²)、その半数がパソコン使用(約0.1台/m²)というオフィスの条件を想定した場合、同じく実験パターンFのように、温度勾配の緩急に床上1.0m付近で明確な境界が生じた。

3.3.5 歩行動作の影響

室内では一般に歩行等の動作によって空気が攪拌され、温度成層は乱される傾向にあるものと推察される。オフィス内における歩行動作の出現頻度を某

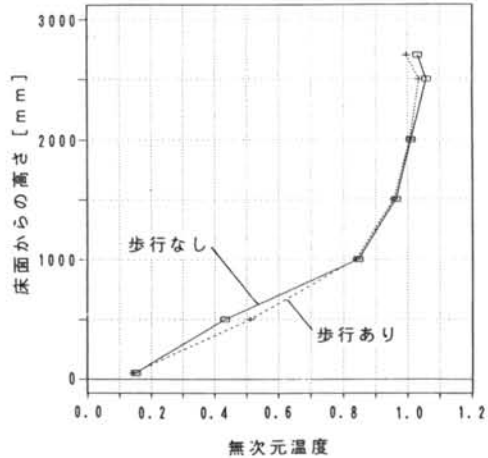


図-11 歩行動作による垂直温度分布の変化

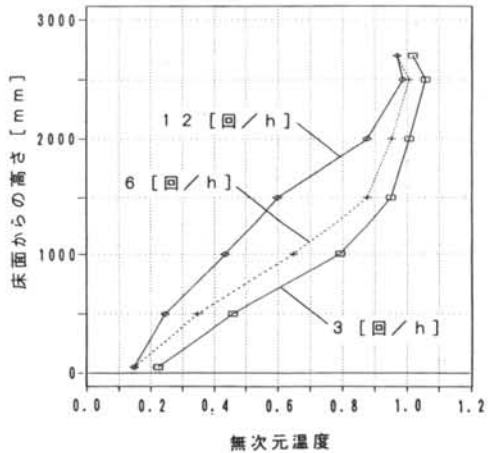


図-12 風量による垂直温度分布の変化

オフィスにて調査したところ、出勤時等の一時を除いて、平均0.004人/m²であった。実験室内を同じ頻度(図-10の部分で80sに1往復)で歩行した場合、図-11のように室内下部の温度が若干上昇する傾向がみられたものの、温度成層が破壊されるまでには至らなかった。

3.3.6 風量の影響

実験パターンDにて風量を換気回数で3、6、12回/hと変化させた場合の垂直温度分布を、図-12に示す。風量が増加するに従い温度勾配が室内上部まで均一になり、温度成層が上部まで達する傾向にある。これは、前述のように風量が少ない場合は、室内発熱に起因して室内上部に上昇したブルームが再び下降してブルームに誘引されるためと思われる。

①白煙発生直後



②約5min後：床上に広がり、ブレードに乗って上昇。



③約10min後：新しい空気が下部に満ちる。

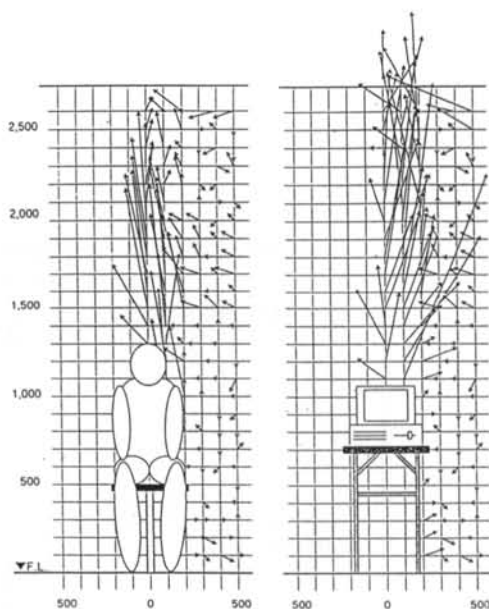


図一13 室内気流の可視化

3.4 知見

本方式における内部発熱負荷と温度プロフィールとの関係を実験によって確認し、つぎの知見を得た。

- 1) 照明機器からの放射によって床面および給気温度の上昇がみられた。
- 2) 室内に発熱体がある場合の垂直温度分布は、室内下部で温度勾配が急で、上部では緩む傾向にある。
- 3) 歩行動作による顕著な温度成層の乱れは認められなかった。
- 4) 換気回数によって垂直温度分布の様相が異なる境界の高さは変化する。



図一14 発熱体周囲の気流実測値 (1グリッド=0.04m/s)

5) 床面から同じ高さの空気温度はほぼ均一で、平面的な偏差は小さい。

§ 4. 室内気流性状と換気性能

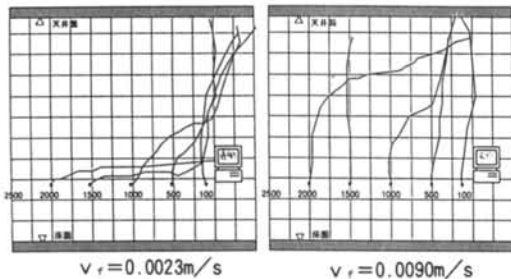
4.1 実験概要

本方式では室内の空気を積極的に攪拌しないために、汚染の滞留が懸念される。そこで実大実験により室内気流の挙動を定性的、定量的に把握し、熱負荷・汚染の拡散状況等に関して一般的な天井吹出し・天井吸込み方式 (以下、従来方式と称す) との比較を行なった。

4.2 気流の性状

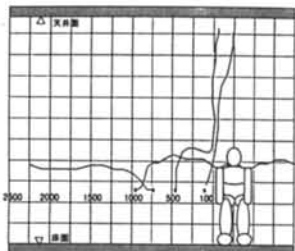
4.2.1 全体の気流性状

空調機から二重床内に供給される空気にフォグマシン (ROSCO No.1000) の白煙によって一定時間着色し、室内全体の気流性状を観察した。白煙の発生は当初3minのみとし、床面からの供給風量は面風速にて0.0023m/s (換気回数: 3回/h)、内部発熱は照明を点灯、パソコン3台稼働とした。図一13のように床面からの供給風量が場所的に多少不均一であっても床上でたなびいて均一の厚さの層となる。白煙は発熱体上部に発生するブルームに誘引されて上部空間へ移動し、天井面下において水平に展



$v_r = 0.0023\text{m/s}$

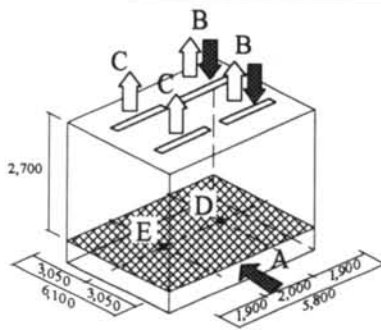
$v_r = 0.0090\text{m/s}$



$v_r = 0.0023\text{m/s}$

図一15 無浮力バルーンの航跡

	A	B	C
本方式	給気	排気	排気
従来方式	閉	給気	排気



図一16 給排気口の概要

開しながら近傍の排気口から排出される。全体的には下から上へのピストン流が形成されている。

4.2.2 発熱体上部のブルーム

図一14にパソコンと人体周囲に励起されるブルームを三次元超音波風速計(カイジョー DA-600-3 TV)によって実測した結果を示す。床面からの供給風量は面風速にて0.0045m/s(換気回数:6回/h)とした。このときパソコン上部には最大0.45m/s、人体上部にも0.25m/s程度のブルームが観察された。

4.2.3 ブルームによる誘引

室内の発熱体によって励起されたブルームは周囲

空調方式	浮遊粉塵質量濃度
本方式	0.062mg/m ³ (SD=0.013)
従来方式	0.166mg/m ³ (SD=0.016)

表一2 タバコ煙の影響評価

空調方式	浮遊粉塵質量濃度
本方式	0.045mg/m ³ (SD=0.005)
従来方式	0.070mg/m ³ (SD=0.007)

表一3 床面からの発塵の影響

の空気を誘引する。図一15に床面からの高さ0.7mにおいて放った無浮力バルーンの航跡を示す。床面から供給される風量が少なくなるとブルームに誘引される半径が拡大する。この範囲を円形と仮定すると、その誘引半径は(2)式で表わせる。

$$r = (Q_p / \pi v_t)^{0.5} \quad \dots\dots(2)$$

Q_p : ブルーム風量[m³/s]

r : 誘引半径[m]

v_t : 床面からの給気速度(面風速)[m/s]

§3.におけるパソコン上部のブルーム風量の測定値から誘引半径を求めると、 $v_r=0.0023\text{m/s}$ (換気回数:3回/h)のときは1.2m、0.009m/s(12回/h)のときは0.6mとなる。前者では計算値よりも遠方からバルーンを誘引しているが、 v_r が小さい場合は誘引半径が拡大する傾向を観察することが出来る。

4.3 換気性能の評価

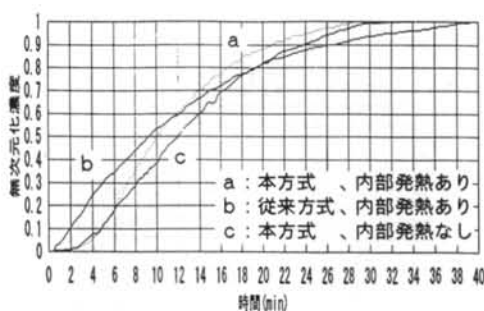
本方式の換気性能に関する特徴を従来方式と比較した。どちらも換気風量は同一(6回/h)、照明は点灯とした。従来方式の給排気口配置は図一16に示す。

4.3.1 タバコ煙の影響

室内で発生するタバコの副流煙が周囲の在室者に及ぼす影響を次の要領で評価した。タバコ(マイルドセブン×3本)は図一16のD点の呼吸域(床上1.1m)に置き、水平に2m離れたE点の呼吸域(床上1.1m)においてデジタル粉塵計(柴田科学器械工業P-5型)にて質量濃度として測定した。結果を表一2に示す。従来方式と比較して本方式が優れている。

4.3.2 床面における発塵の影響

歩行動作で床面から発生した発塵が在室者に及ぼ



図一17 トレーサガス濃度のステップ応答

内部発熱	空調方式	平均空気交換率
あり	本方式	1.18
	従来方式	0.88
なし	本方式	0.92

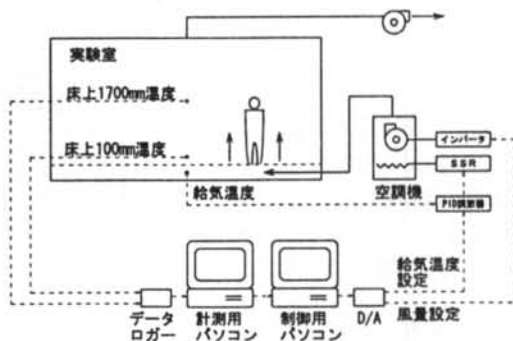
表一4 平均空気交換率の比較

す影響を以下に示す要領で評価した。塵埃は試験用ダスト (JIS Z8901 15種: 関東ローム, カーボンブラック, コットンリント混合物) を床面D点に直接散布してその上で足踏み動作 (120steps/min) をし, 測定は前述のタバコ煙の場合と同様に行なった。「本方式→従来方式→本方式→従来方式」と20min×4回の測定を交互に行なって集計した。各測定は計測値がバックグラウンド (4~5 mg/m³) に落ちついてから開始した。結果を表一3に示す。本方式のほうが従来方式よりも若干良好な結果が得られた。これは繊維に付着した塵埃は再飛散しにくいというカーベットの特性⁵⁾が寄与しているものと思われる。

4.3.3 換気性能の比較

以上は空間内部で発生した汚染の挙動に着目した評価であるが, 空間全体の換気性能は平均空気交換効率 (co efficient of air change performance) にて評価した。照明は点灯, パソコンは3台稼働させて負荷とした。

トレーサガスはCO₂を用いて空調機からの給気にステップ状に供給し, 排気中の濃度を連続 (名目換気時間の4倍) 測定して (図一17) その値から平均空気交換効率を算出した。実際にはトレーサガスの内装部材への吸着や測定継続時間の長さによる影響も懸念されるが, 両方式で若干異なる値となった (表一4)。明確ではないが本方式ではピストン流の傾向, 従来方式ではバイパス流の存在が察せられる。また内部発熱 (パソコン, 照明) を除去して室内



図一18 制御系統図

に温度成層を形成させない場合は完全混合に近い値となった。

4.4 知見

本方式の室内気流, 換気性能に関する特性を実測によって把握し, 次の知見を得た。

- 1) 発熱体上部には活発にブルームが発生し, 周囲から空気を誘引する。床面からの給気量によりその誘引半径は変化する。
- 2) 本方式は従来方式と比較して室内で発生した汚染が周囲に拡散しにくい。
- 3) 平均空気交換率による評価では従来方式と比較して本方式のほうがピストン流に近い結果が得られた。

§5. システムの制御

5.1 実験概要

前章までに本方式の室内気流性状や温度分布について述べてきた。その結果, 本方式は従来の完全混合方式の空調システムとは垂直温度分布等の特性が異なるとの知見を得た。本章ではこれらの特性を考慮した制御システムを構築し試用したので, その概要を述べる。

5.2 制御ロジック

図一18に空調機の制御系統図を示す。図一4の実験室中央 (点5) の居住域下部と居住域上部の温度を銅・コンスタンタン熱電対で計測し, 制御用のパソコンに入力したデータを基に空調機の給気温度と風量を制御した。本実験では居住域下部と居住域上部の高さを床よ0.1m (足首の高さ) と1.7m (立位における頭の高さ) に規定した。今回は多入力, 多出力の制御ロジックを効率的に記述することができ

るファジィ理論を採用した。
その基本制御ロジックを下記に示す。

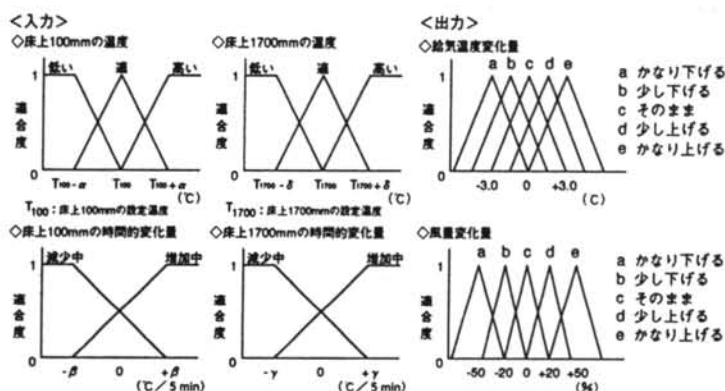
- 1) 床上0.1mの温度を設定値に保つように空調機からの給気温度を制御する。
- 2) 床上1.7mの温度を設定値に保つように吹出し風量を制御する。
- 3) 暖房立ち上げ時は、床上0.1mの温度が設定温度以上になるまで吹出し風量を上げる。

Δ は時間的变化量

No	入 力				出 力	
	床上100 温度	Δ 床上100温度	床上1700 温度	Δ 床上1700温度	給気温度変化量	風量変化量
1	ちょうどよい	——	ちょうどよい	減少中	——	少し下げる
2	ちょうどよい	——	低い	増加中	——	少し下げる
3	ちょうどよい	——	低い	減少中	——	かなり下げる
4	低い	減少中	——	——	かなり上げる	かなり上げる
5	低い	増加中	——	——	そのまま	少し上げる
6	ちょうどよい	減少中	——	——	少し上げる	——
7	ちょうどよい	増加中	——	——	少し下げる	——
8	高い	減少中	——	——	——	——
9	高い	——	——	——	——	——

表—5 ファジィルール

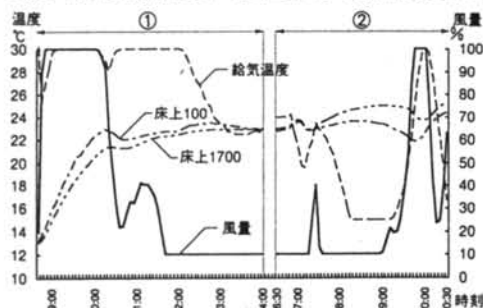
上記ロジックをファジィルールで記述したものを表—5に示す。床上0.1mの温度とその時間的变化量、床上1.7mの温度とその時間的变化量を入力値とし、給気温度設定値と風量設定値を出力値とした。例えば、表—5中のルールNo.1では、室内の温度を計測した結果、床上0.1mの温度が「ちょうどよく」、床上1.7mの温度も「ちょうどよく」、その時間的变化量が「減少中」で、その結果風量設定値を「少し下げる」制御を行なうことを示している。メンバシップ関数を図—19に示す。サンプリングは5min間隔とし、ファジィ演算はMAX—MIN法、操作量の算出には重心法を採用した。



図—19 メンバシップ関数

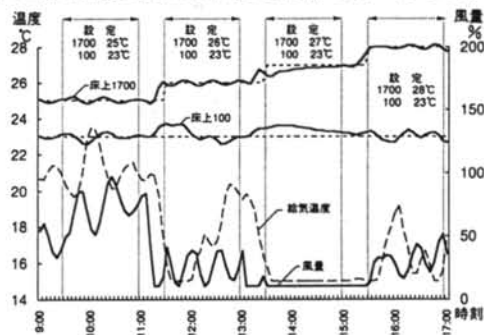
5.3 運転の状況

実際の運転状況を図—20に示す。①は暖房立ち上



図—20 運転状況 (立ち上がり→暖冷交替)

げ運転、②は暖房から冷房への切り替え運転の一例である。床上0.1mの温度は23°Cで、1.7mの温度は25°C (床上0.1mとの温度差が2°C) に設定した。①の期間は内部発熱を停止した、②では17時20分に負荷を投入した。また図—21に床上0.1mを23°C一定、1.7mの温度を段階的に変化させた場合の運転状況を示す。破線で示す設定値に室温が追従するように給気温度と風量の両方を制御していることがわ

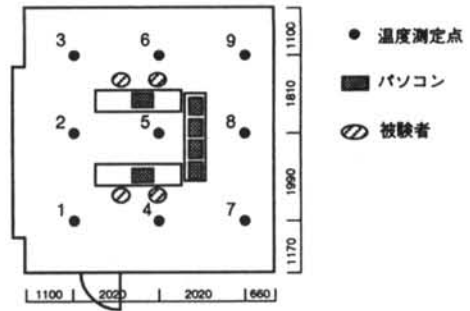


図—21 運転状況 (設定を段階的に変化)

かる。

5.4 知見

- 1) 給気温度と風量を制御することで居住域下部と上部の二点の温度をそれぞれ設定値前後に保つことができた。
- 2) 暖房から冷房への切り替えも連続的に行なうことができた。



図—22 実験室配置図

§ 6. 被験者実験による評価

6.1 実験概要

本方式は給気による室内空気の攪拌が少ない点と上下温度差を生じる点が特徴的といえる。そのため、上下温度差と温熱感・快適感の関係を明らかにするために以下の2つの実験を行なった。

1) 足もとの空気温度に関する評価

床上0.1mと1.7mの温度差を2℃に固定し、床上0.1mの温度を25℃、23℃、21℃、19℃と変化させて足もとの温度と温熱感、快適感の関係を明らかにする。

2) 上下温度差に関する評価

床上0.1mの温度を23℃に固定し、床上1.7mの温度を25℃、26℃、27℃、28℃と変化させて居住域の上下温度差と温熱感、快適感の関係を明らかにする。

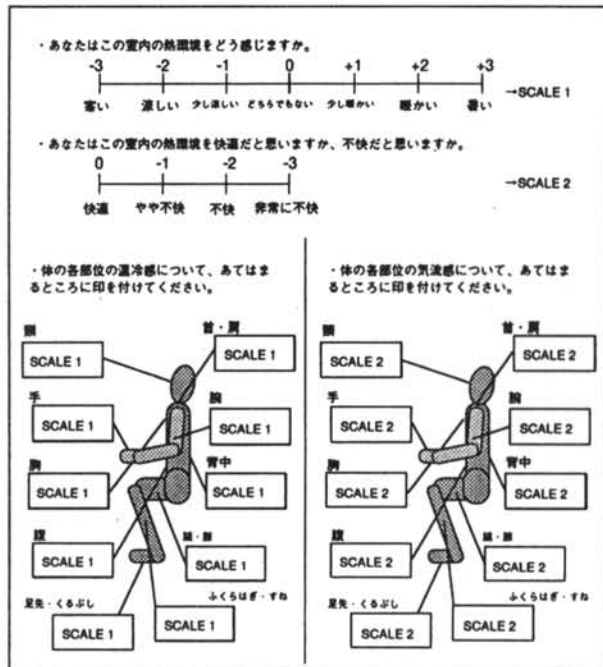
被験者と発熱体としてのパソコン6台(合計発熱量:480W)の配置を図—22に示す。それぞれの条件の継続時間は90minずつとし、被験者は女性4名とした。表—6に実験パターン、表—7に被験者条件を示す。温冷感と快不快感の申告は10min間隔に行なった。図—23に実験に用いた全身温冷感、快不快感申告スケールと局部温冷感、気流による局部不快感申告スケールを示す。温冷感申告スケールは7段階、快不快感申告スケールは4段階のものを、カテゴリー尺度の中間値の申告も許し

条件	実験 1				実験 2			
	1	2	3	4	5	6	7	8
床上100mmと1700mmの上下温度差	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	3.0	4.0	5.0
床上100mmの温度 (°C)	25.0	23.0	21.0	19.0	23.0	23.0	23.0	23.0

表—6 実験パターン

被験者	女性	4人
	平均年齢	20.5才
	平均身長	155.0cm
	平均体重	49.8kg
暴露時間	90分	*1長袖ブラウス、ブラジャー、パンティ、
着衣量*1	0.6clo	スカート、パンティストッキング、革靴
代謝量*2	1.2met	*2椅座位、事務作業

表—7 被験者条件



図—23 申告スケール

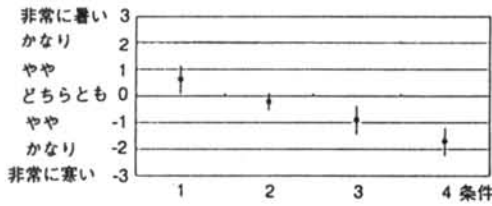


図-24 全身温冷感申告値 (実験1)

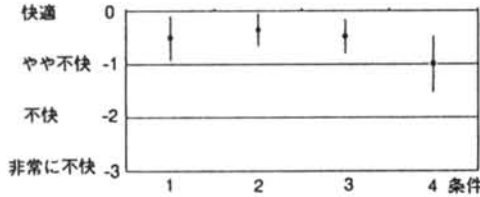


図-25 全身快不快申告値 (実験1)

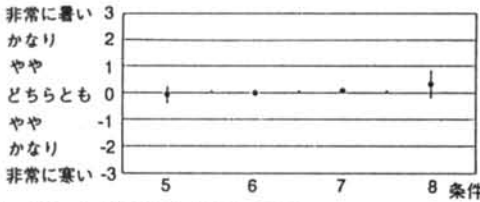


図-27 全身温冷感申告値 (実験2)

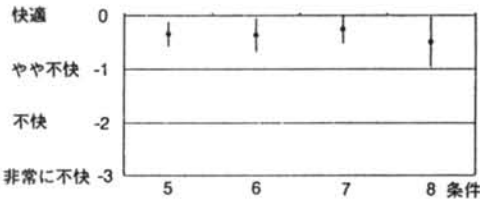


図-28 全身快不快申告値 (実験2)

た、解析には各条件ごとに最後の3回の申告値を有効データとして採用した。

6.2 足もとの空気温度に関する評価

図-24, 25に被験者の各実験パターンの全身温冷感申告と快不快感申告の平均値と標準偏差を示す。全身温冷感申告値がほぼ0となるのは条件2 (床上0.1mの温度が23℃) の時で、快不快感も最も快適との申告を示していた。また、図-26に局部温冷感申告と気流による局部不快感申告の平均値のプロフィールを示す。この実験結果では床上0.1mの温度が21℃以下のときには下腿の局部温冷感申告値が-1.0 (やや寒い) を下回った。

6.3 上下温度差に関する評価

図-27, 28に被験者の各実験パターンの全身温冷

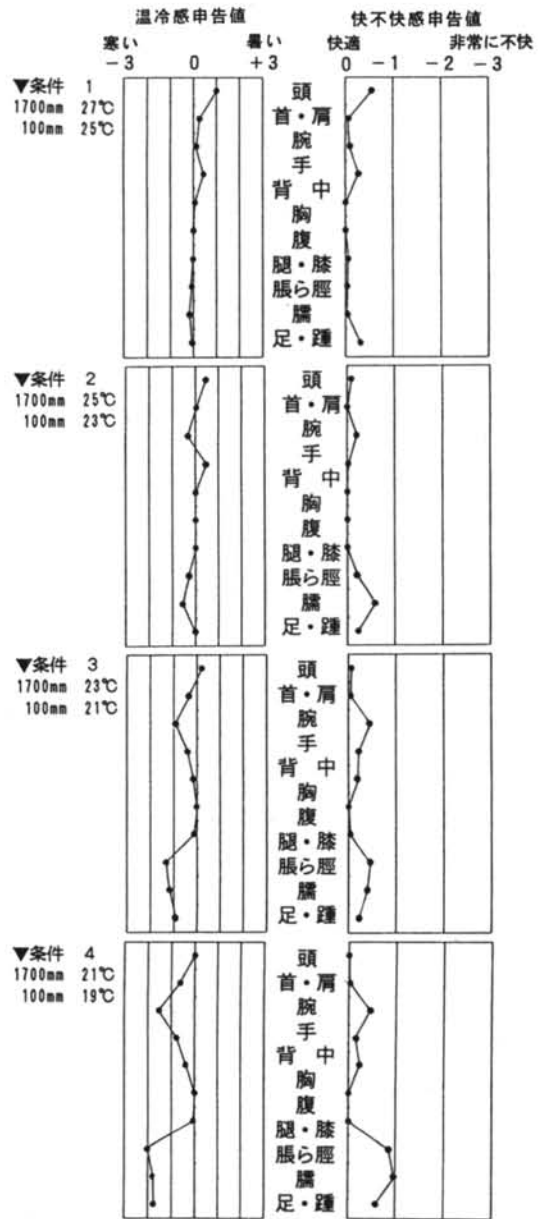
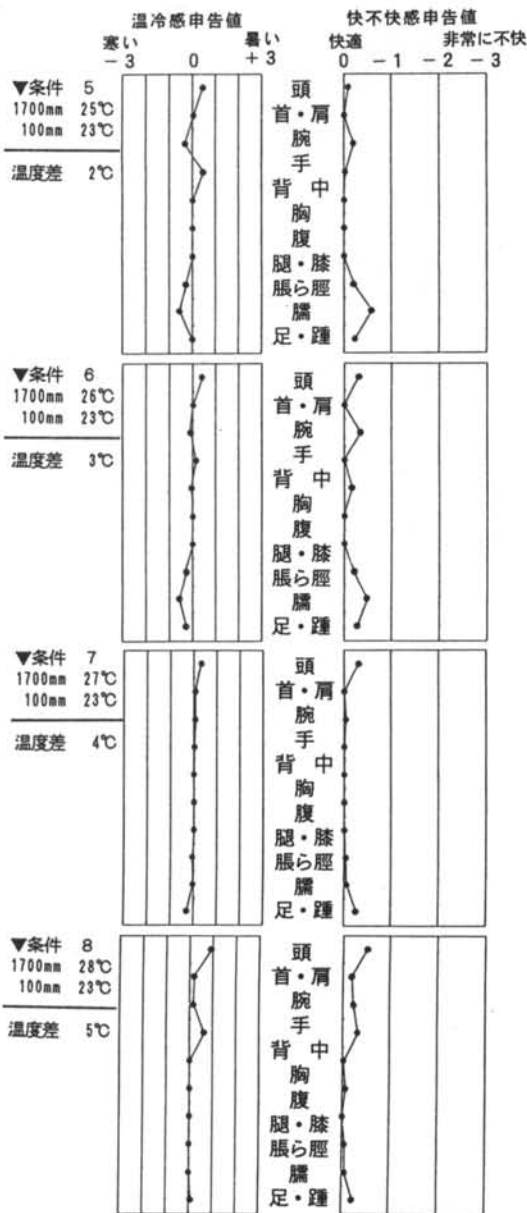


図-26 局部温冷感と気流による局部不快感申告値 (実験1)

感申告と快不快感申告の平均値と標準偏差を示す。また、図-29に局部温冷感申告と気流による局部不快感申告の平均値のプロフィールを示す。上下温度差が2℃から5℃へ1℃ずつ大きくなるに従って、全身温冷感申告値は少しずつ大きくなっていった (図-27)。快不快感申告値についても条件8 (上下温度差5℃) が最も不快側の値を示しており、条件



図—29 局部温冷感と気流による局部不快感申告値 (実験2)

5～7 (上下温度差2～4℃) では明確な違いは見受けられなかった。図—29より条件7 (上下温度差4℃) ではほとんどの部位の局部温冷感申告値が中立に近く、気流による局部不快感も最も快適側の値を示している。条件8 (上下温度差5℃) になると上半身の局部温冷感申告値がともに条件5～7に比べて大きくなっており、被験者は上半身に暑熱感を感じていると思われる。

6.4 知見

本方式の設定温度に関して被験者を用いた実験を行ない、次の知見を得た。

- 1) 床上0.1mと1.7mの上下温度差を2℃とした場合、床上0.1mの温度が21℃以下になると下腿の冷えが見受けられた。
- 2) 床上0.1mを23℃とした場合、床上0.1mと1.7mの上下温度差が5℃以上になると頭部の暑熱感が見受けられた。

§7. 結論

新しい空調の概念である全面床吹出し空調システムの実大実験を行ない、その基本的な特性に関するいくつかの知見を得た。その肝要な部分は次のように要約できる。

- 1) 室内に生じる温度成層は内部発熱負荷の大きさ、負荷の種類、供給風量によって定まり、歩行動作による成層の乱れは僅かである。
- 2) 本方式は従来方式と比較して良好な空気質環境を実現できる。
- 2) 居住者の温熱的快適性を確保するためには足もとの空気温度を21℃より高く保つ必要がある。これは空調機からの給気温度を制御することによって実現できる。
- 3) 同じく、足もとと頭部の高さの空気の上下温度差も4℃以下に保つ必要がある。これは給気風量を制御することによって実現できる。

<参考文献>

- 1) E.Rodahl: "Ventilation effectiveness - past and future" U.S.DOE Reports, Vol.4 (1987)
- 2) A.K.Melikov, et al.: "Local thermal discomfort due to draft and vertical temperature difference in rooms with displacement ventilation" ASHRAE Trans, Vol.95 (1989)

- 3) 田辺新一：“室内環境と要求水準”床吹出し空調シンポジウムテキスト（日本建築学会環境工学委員会）（1993年）
- 4) S.Mierzwinski：“Testing and modelling of thermal plumes in rooms” ISRAVCVE, (1992)
- 5) 社団法人文教施設協会，他：“学校用カーペット使用の手引き”文教施設協会（1993年）

<発表文献>

- イ) 野部達夫，他：“全面床吹出し空調システムに関する研究（室内発熱と温度成層に関する基礎的実験）”日本建築学会大会学術講演梗概集（1993年）
- ロ) 野部達夫，他：“全面床吹出し空調システムに関する研究（室内発熱と温度成層に関する基礎的実験）”空気調和衛生工学会学術講演会講演論文集III（1993年）
- ハ) 野部達夫，他：“全面床吹出し空調システムに関する研究（その2）（室内気流性状と換気性能の実測）”日本建築学会大会学術講演梗概集（1994年）
- ニ) 芳賀陽一，他：“全面床吹出し空調システムに関する研究（その3）（システムの制御と温熱感評価）”空気調和衛生工学会学術講演会講演論文集（1994年）