

快適性向上を計った会議室空調システムの研究開発

竹本 靖 小宮 英孝
山口 賢次郎
(本社 建築本部設備工事部)

Research and Development Concerning Air-Conditioning System for Comfortable Conference Room

Yasushi Takemoto Hidetaka Komiya
Kenjiro Yamaguchi

Abstract

An air-conditioning system aiming for tobacco smoke elimination and personal control of the thermal environment by a heating/cooling panel was developed and its performances were evaluated. The tobacco smoke elimination is achieved by an air flow pattern produced through wall outlets at desk level and an inlet at the center of the ceiling. The personal thermal environment is created by a cooling panel at the ceiling and a heating panel at the desk. The wall outlet height was selected at desk level and the cooling panel was provided with outlets of air also based on numerical simulations and full-size model experiments. Through on-site measurements and questionnaires, it was found that there was less smoke and odors from smoking of tobacco sensed in this new conference room compared with the conventional conference room, and the cooling and heating panels were effective in cooling and heating the upper and lower parts of the body respectively.

概 要

会議室を対象として、快適性、個別制御性の向上を計った空調システムの開発を行なうとともに、その性能評価を行なった。開発した空調システムは壁水平吹出し、天井中央吸い込みによるタバコの煙のスムーズな排出、天井冷ふく射パネルと机一体形温ふく射パネルによる快適な「頭寒足熱」の形成が計れ、さらに個別に制御出来るものである。開発段階における数値解析と実大模型実験により、壁水平吹出し口の高さを机レベルとし、排出効率を高めるとともに、天井冷ふく射パネルに吹出し機能をもたせることにより冷却効果を高める方式とした。同会議室の完成後、総合的な性能評価を行なった。この結果、同規模の従来会議室と比較して下流側隣席の粉塵濃度が1/10程度となるとともに、煙やにおいが気になる割合が少なくなることが判明した。また天井冷パネルは冷ふく射よりも冷風の効果が高いが、上半身の冷却には効果的であり、また温パネルは下半身の加熱に効果的であることが明らかとなった。

1. はじめに

近年、事務所ビルにおいては、快適性の追及、並びに空調等の個別制御に対する要求が高まっている。そこで、会議室を対象とし、快適性、個別制御性、利便性の向上を計る空調システムを建築と設備の一体化のメリットも考慮して、研究開発するとともに、その性能評価を行なった。会議室を選定した理由は、知的生産の場として高付加価値化が望める為であり、社長室、ディーリングルーム等にも類似システムの適用が期待できよう。

2. システム概要

開発した空調システムと、それを適用した会議室（以下新会議室と呼ぶ）の概要を図-1、及び写真-1に示す。

空気環境の向上は、会議室で有りがちな、喫煙者の下流側で生じるタバコによる不快感を解消しようとするもので、机レベルの壁水平吹出し・天井中央吸込み方式による気流パターンの形成、高換気回数（22.2回/h）の設定、電気集

塵器の利用によって、これに対応している。

一方、温熱環境の向上は、各自の好みにより頭寒足熱を達成しようとするもので、天井冷ふく射吹出しパネル（以下冷パネルと呼ぶ）と足元の机一体型温ふく射パネル（以下温パネルと呼ぶ）でこれに対応している。冷パネルは大きさ1.3×1.3m、吹出開口率8.5%で、在席者頭上に図-2に示す様に10枚配置され、2名毎にOn-Offできる。パネルへの送風温度は、冬期は外気により16°Cに、夏期は空調機の冷風により18°Cに設定される。冷パネルにおいて冷ふく射に加えて冷風による冷却効果を持たせたのは、特に個別使用した場合の冷却効果を上げる為である。温パネルは、電気式パネルヒーター（0.6×0.42m、60W）であり、在席者が個別に、On-Offできる。

3. 空気環境の評価

3.1 性能予測

3.1.1 数値計算による性能予測 タバコの煙をスムーズに排出するには、タバコの煙の発生位置、上昇力を考慮

ものの、下流側では新会議室の方が1/10程度の値となる。さらに自然燃焼停止5分後から10分後までの平均粉塵濃度を見ると、新会議室では初期状態に戻るが従来会議室では初期値の2倍の値に減衰する程度であった。

3.2.2 被験者実験によるアンケート調査結果 各席での粉塵濃度の計測と同時に20代及び30代各1名の非喫煙女性に対し、タバコのおい(4段階)、煙さ(4段階)、快適感(5段階)についての申告調査を行なった。これはタバコを自然燃焼中の5分間に順次各100秒づつ隣接した3カ所の席にすわり申告した後、退室して20分間別室で休む方法を繰り返す形で全席で行なったものである。粉塵濃度とにおい、煙さ、快適感の関係を図-4に示す。粉塵濃度と煙さとの間には明確な関係が見られるが、特に、0.04 mg/m³を越える点から「少し気になる」が、0.1 mg/m³から「気になる」の回答が出る。新会議室では粉塵濃度が低いことから感覚的に見てもタバコの煙の問題が少ないことが示されている。これに対し、においに関しては、より少ない値でも感知されると共に同一の値に対し申告が分散する。また新会議室でも感知されている。

におい、煙さに対する申告値と快適感との相互関係を見ると感知できる場合と不快感との間に明確な関係が見られる。一方あまり感知できない場合は、他の要因に左右される為かバラツキが生じている。なお座席位置における平均風速が0.2 m/s以下の為、気流は「少し感じる」程度で問題はなかった。また申告値は2名のカテゴリー平均値を用いたが、におい、煙さに関しては両者の評価差は小さいものの快適感に関しては、上記の値で4割程度の差が見られた。

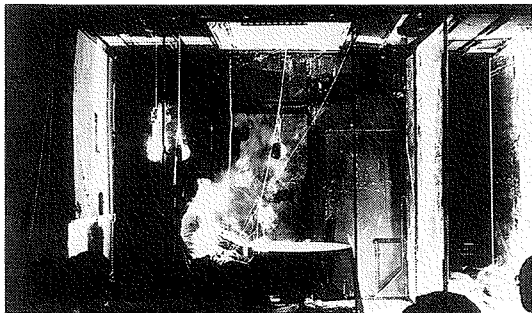


写真-2 ケース3の可視化結果

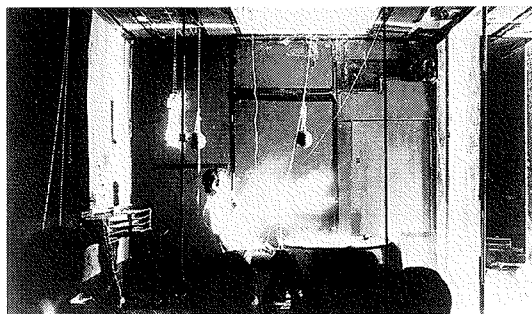


写真-3 ケース4の可視化結果

表-1 入力・境界条件

壁吹出し	180m ³ /h・m, 21°C : 詳細表-2
天井パネル	36m ³ /h・m, 20°C : A=1m ² /m V=0.01m/s
壁面	対数則: 但し中央部 Free Slip 床30°C, 壁23°C, 天井28°C, 天井パネル20°C
発熱量	280kcal/h・m (照明・OA機器・人体)
発塵量	19.1mg/6.5分 (タバコ1本)

表-2 計算ケース別の吹出し口条件

ケース	高さ (m)	面積(m ² /m)	角度 (°)	風速 (m/s)
1	0~0.1	0.1	水平	0.5
2	0~0.1	0.1	30°上向	0.5
3	0.3~0.9	0.6	水平	0.083
4	0.7~0.8	0.1	水平	0.5

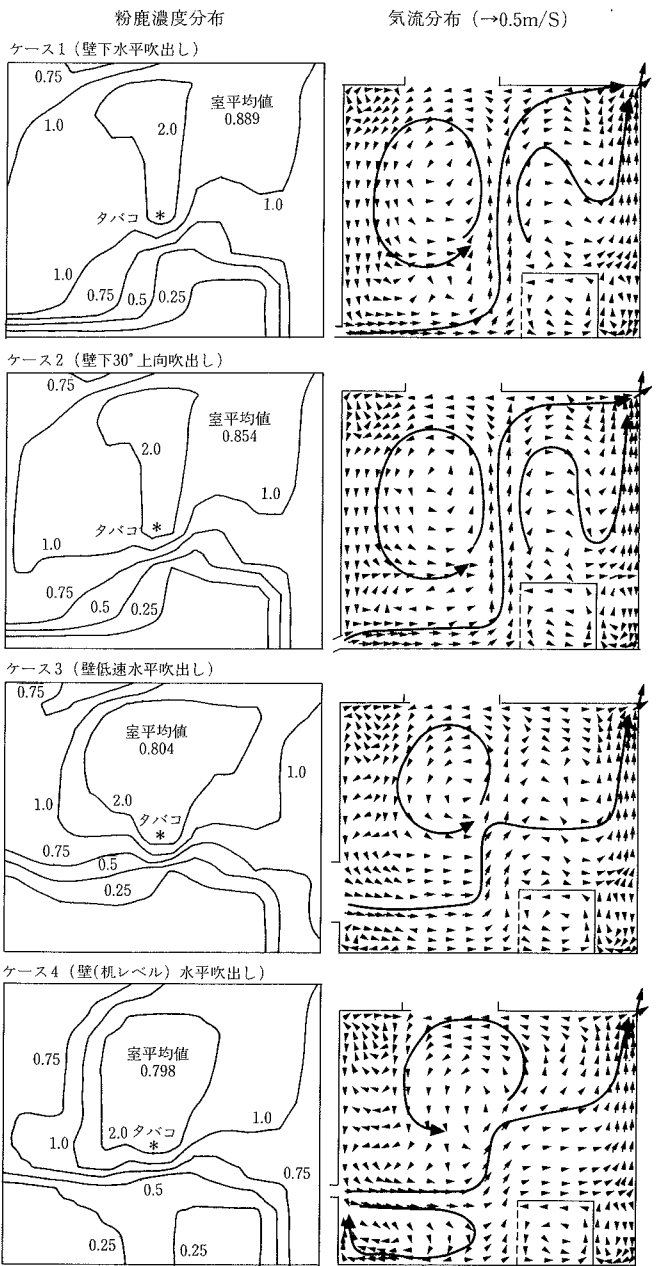


図-3 気流・粉塵分布の計算結果

表-3 タバコ粉塵濃度の比較

		単位 mg/m ³			
		0.8m上流 側の隣席	0.8m下流 側の隣席	1.6m下流 側の席	2.7m対向 の席
従来会議室	0～5分	0.046	0.635	0.201	0.031
	5～10分	0.066	0.136	0.064	0.047
	10～15分	0.034	0.046	0.042	0.041
新会議室	0～5分	0.026	0.038	0.036	0.022
	5～10分	0.024	0.030	0.026	0.022
	10～15分	0.021	0.026	0.021	0.017

(注) 寸法 換気量
 従来会議室 | 6.2m×4.7m×2.6m | 540m³/h 7.4回/h
 新 # | 7.5m×6m×2.6m | 2200m³/h 18.9回/h
 初期値は、0.019±0.002mg/m³

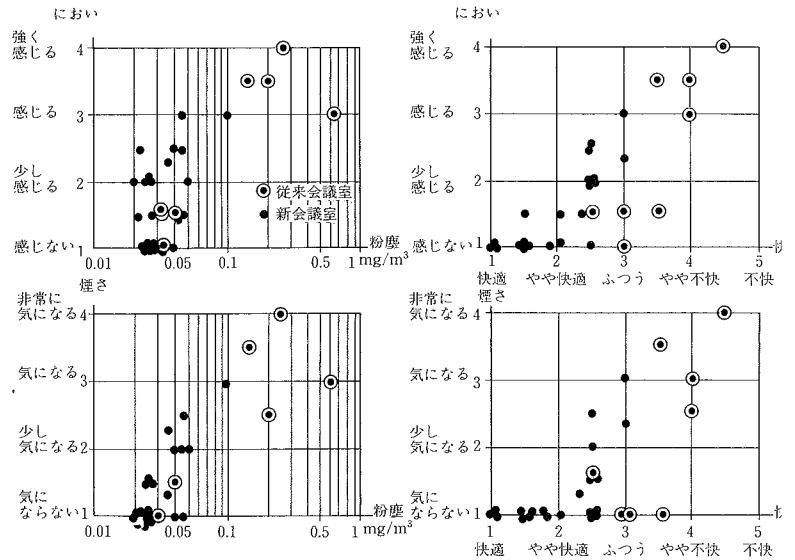


図-4 粉塵量とにおい・煙さ並びに快適感との関係

4. 温熱環境の実測性能評価

4.1 物理量の実測結果

冷パネル、温パネルによる温熱環境を評価する為に、各パネルの On-Off 状態を変化させて、各部温度の変化を測定した。測定項目は、座席位置における乾球温度垂直分布(床上100~2400mm)、同黒球温度垂直分布(床上300~1200mm)、各部表面温度(冷・温パネル、床、机天板下面、天井照明ルーバー、壁)、吹出・吸込温度、気流速、相対湿度で、測定は、昭和62年12月5日午後に行なった。

図-5(a)~(c)に乾球温度と黒球温度の垂直分布を示す。(a)は冷パネル・温パネルともに Off の場合で、乾球温度差は約2.5°Cである。床上700mm以上は乾球温度と黒球温度に差はないが、500mm以上では黒球温度の方が低い。(b)は冷パネルのみを On とした場合で、乾球温度・黒球温度ともに(a)の場合と比較して、約2°C低下している。床上300~1200mmの乾球温度と黒球温度は等しくかつ均一である。なお、冷パネルの吹出温度は18~20°Cの範囲で推移し、この結果パネル表面は21°Cとなった。照明ルーバー表面温度は28°C程度であり、乾球温度より約4°C高い。ルーバーの外表面積は図-2に示すように冷パネル6枚相当の面積があり、冷パネルの冷ふく射効果を妨げている。照明器具発熱を積極的に除去することで、冷パネルの効果が増大すると考えられる。(c)はさらに温パネルを On とした場合で、床上300~500mmの黒球温度が(b)の場合よりも約2°C上昇している。なお温パネル表面温度は、通電後10分で約40°Cまで上昇し、1時間後に50°Cを越えた。机天板下表面温度もパネルの加熱に応じて昇温し、30分で2°C、1時間で3°C上昇した。黒球温度は30分で1°C、1時間で1.5°C上昇した。

又夏期(同年8月1日)に行なった同様の測定結果によると、乾球温度の垂直分布が冬期とは大きく異なった。すなわち、最も温度分布がつく(a)の場合でも、約0.5°Cで、(b)、(c)の場合は、垂直温度分布がほとんど見られなかった。

4.2 被験者実験によるアンケート調査結果

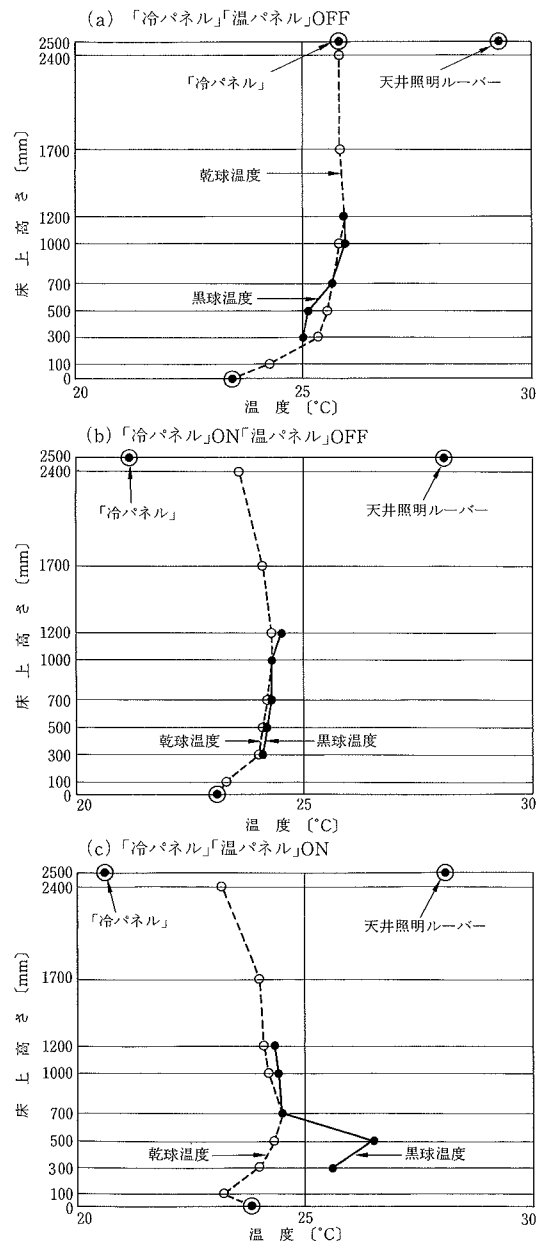


図-5 乾球温度と黒球温度の垂直分布

表-4 各評価項目とその申告値

申告値	全身・部位*温冷感	快適感	気流感
1	暑い	快適	感じない
2	暖かい	やや快適	少し感じる
3	少し暖かい	ふつう	感じる
4	ふつう	やや不快	強く感じる
5	少し涼しい	不快	-----
6	涼しい	-----	-----
7	寒い	-----	-----

申告NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
時間	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

(入室)

「冷パネル」ON ←-----→

「温パネル」ON ←-----→

* (頭部, 肩, 腕と手, 胸部, 大腿部, 下腿部)

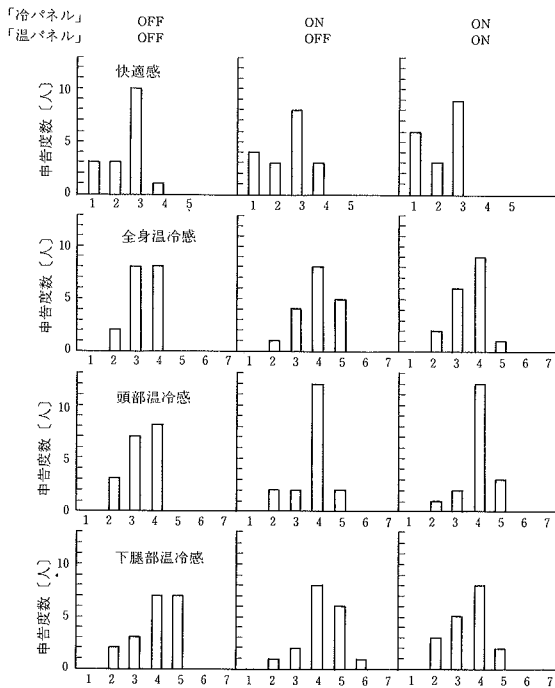


図-6 快適感・全身温冷感・頭部温冷感・下腿部温冷感に対する冷・温パネルの効果

実際のあるいは模擬の会議を行ないながら、物理量の測定時と同様に、冷パネルと温パネルの On-Off を変化させながら、表-4 に示した様に、15分毎計18回の申告調査を行なった。なお被験者には各パネルの On-Off スケジュールは知らせずに行なった。調査は、昭和62年度冬季に行なわれ、被験者は、計16名であった。

図-6 は全調査を通じた申告度数を、各パネル運転状態との対応で示したものである。快適申告については、冷パネルのみ On とすることにより、快適側の申告が上昇するが「やや不快」の申告も上昇する。しかし、温パネルも On とすることにより、「やや不快」の申告がなくなり快適傾向の申告を示した。全身温冷感については、冷パネルの使用により「少し涼しい」の申告が発生するが、温パネルの使用により「少し涼しい」の申告が減少する。頭部温冷感には、冷パネルの冷却効果が、下腿部温冷感には温パネルの加熱効果が比較的大きい。

図-7 は図-6 と同様に、各パネルの運動状態に応じて全身、頭部、下腿部温冷感申告と快適感申告の相関を示す。

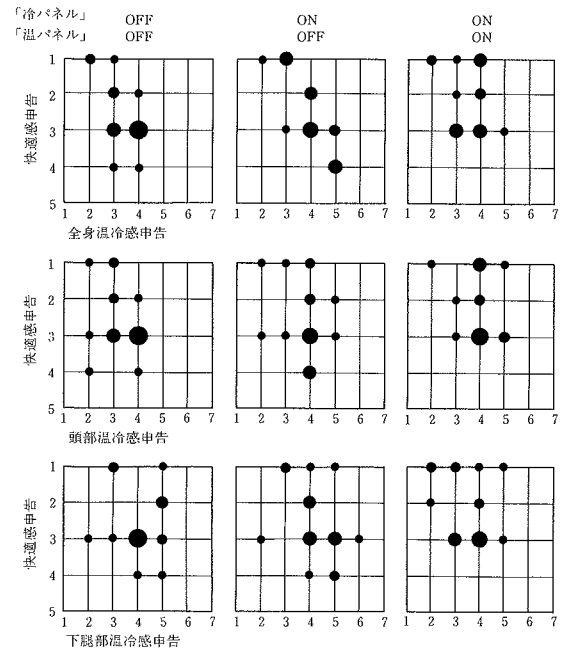


図-7 全身温冷感・頭部温冷感・下腿部温冷感と快適感との相関

なお、図-6 中の黒丸の面積は申告数に比例する。各温冷感申告と快適感申告との間には明確な相関関係は見られないが、「やや不快」の申告が、頭部において「暖かい」の申告時に、又下腿部については「少し涼しい」の申告時に現われる傾向が見られる。

また夏期 (同年8月1日・対象者6名) に実施した同様の調査結果によると、壁吹出しのみの場合と比較して冷パネルのみ On とすると、「やや不快」の割合や足元を中心とした「少し涼しい」の申告が増す。さらに温パネルも On とすることにより、足元を中心として「暖かい」の割合が増すとともに、快適側の申告が増した。

5. まとめ

(1) 数値解析と実大模型実験による検討からタバコをスムーズに排出する方法として、壁水平 (机レベル) 吹出し、天井中央吸込み方式が適切であることを示し、同方式を用いた会議室空調システムを開発し、評価した。この結果、同規模の従来会議室と比較して、喫煙席下流側隣室の粉塵濃度が1/10程度となり、煙やにおいが気になる割合が少なくなることが判明した。

(2) 冷パネルは1枚あたりの面積が小さいこともあり、冷風射効果よりむしろ冷風によるスポットクーリングの効果があるが、上半身を冷却するのに有効である。また温パネルは、大腿部、下腿部の加熱に有効であるが、若干応答性が遅い傾向が見られた。

参考文献

- 1) 竹本, 志村, 小宮, 山口: 快適性向上を計った会議室空調システムの研究開発, 空気調和衛生工学会学術講演会論文集, p. 857~864, (1988)