



Title	ふく射暖房における快適性と省エネルギー評価
Author(s)	中村, 卓司; 小林, 昌弘
Description	第2回衛生工学シンポジウム (平成6年11月10日 (木) -11日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 4 空調・エネルギー . 4-2
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 2, 125-130
Issue Date	1994-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7597
Type	departmental bulletin paper
File Information	2-4-2_p125-130.pdf



4-2

ふく射暖房における快適性と省エネルギー評価

○中村卓司 (清水建設(株)) 小林昌弘 (清水建設(株))

1. はじめに

快適環境を検討するためには放射環境を含めた検討が重要である。空調設計では、設備要素機器の諸元や性能のほか、建築面での周囲壁体の熱的性能や機器設置位置、放射影響の大きい窓と人体との位置関係、快適環境を形成するための制御問題など複雑な影響要因を検討する必要がある。このため、簡単な設計チャートの手計算で行うことは不可能であり、放射演算が可能なコンピュータシミュレーションが不可欠な設計ツールとなる。

本研究は事務所ビルの天井吹き出し空調と放射環境調整用として窓際に設置したパネルヒータを併用するシステムにおいて、その快適効果とエネルギー消費についてコンピュータシミュレーションにより検討を行った。

まず、放射環境設計や快適性制御に不可欠な人体熱収支モデルについて定義し、人間・建物・空調システム全体の回路モデルを作成した。このモデルにより、

- ①室温を一定とする制御や快適性を一定とする制御がエネルギー消費と室内環境に及ぼす影響について検討した。
- ②また、空調開始直後から終日室内環境を快適とする空調の問題点の検討、
- ③シングルガラス窓と二重サッシ窓のエネルギー消費の問題、
- ④在室者の着衣量とエネルギー消費の関係などについてコンピュータシミュレーションにより定量的評価を行った。

2. 温感指標について

温熱環境評価指標の研究は様々なものがあり、定着した指標としては、ET^{*1)}、PMV²⁾を挙げることができる。その考え方の基本は、人体と周囲環境の熱収支式(快適方程式)である。評価指標PMVは、その研究が北欧で始まったこともあり、暖房環境向きの評価指標といえる。

コンピュータシミュレーションによるよい

建物・快適環境を設計支援する立場からは、快適(PMV=0.0)や予想不満足者率(PPD)を低減するために建物構成要素の検討や設備機器を制御することになり、PMV指標の考え方が取扱い易い。

本研究ではFangerの快適方程式²⁾を基本とするが、人体モデルは日本での湿度効果の評価の重要性を加味した(皮膚蒸発境界層における飽和度演算によるヌレ率表示:人間・建物・設備システムシミュレーション研究会 主催:松浦茂、住環境システム研究室)による温熱環境評価のための人体演算回路モデル(以下、PMVsモデル³⁾)を使用した。また、シミュレーションプログラムはSAPLO⁴⁾(Simulation-aided Architectural Planning Language based on Object-oriented concept)を用いた。

3. 事務所モデルの設定

建物の窓、断熱方法、パネルヒータの設置位置・大きさなどその仕様は温熱環境設計を考慮し決定するものではあるが、ここでは外壁(コンクリート120mm、内断熱50mm)、シングルガラス窓(1.8m×2.1m、窓2枚、ガラス厚15mm)、内装(コンクリートブロック120mm)、石膏ボード(12mm)仕上げなど建築面での諸元は与条件とし、空調設計での諸元を検討する。また、モデルとする事務所ビルは、建物の中間階、上下隣室は同一の間欠空調などの仮定をする。

4. 空調と制御方法

室内の空調は天井吹き出しを主空調とし、窓際に放射環境調整のためパネルヒータを設置する。換気は直接外気から空調機への在室者に見合った換気量を考え、顕熱交換器による省エネルギーを考える。空調は間欠空調(8時から18時)とし、換気量(在室者4人、必要換気量OA=100m³/h)は、顕熱交換器を通過し、空調機に入り、レターン空気(RA=570m³/h、仮定)と混合、加熱されて吹き出し口から室内への供給空気(SA=670m³/h)となり、瞬時拡散するものと仮定する。夜間は空調を停止する。

吹き出し口温度はドラフト防止のため室温

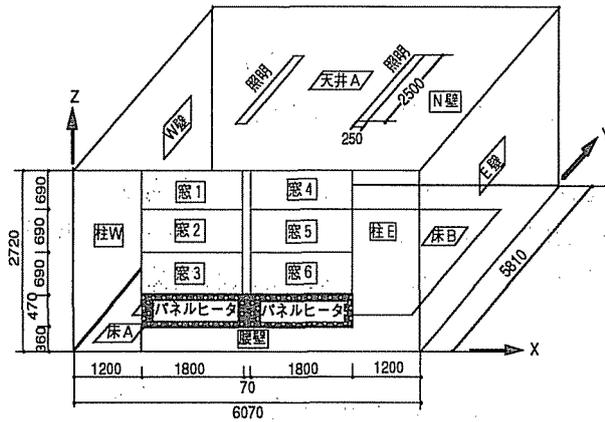


図-1 モデル事務室の壁体の分割

プラス10℃、最高34℃まで許容する。パネルヒータの表面温度は、ヒートポンプなどによる場合には40℃、ポイラなどを使用する場合には80℃、参考として60℃と100℃についても検討する。

空調機とパネルヒータの暖房能力は、定常算などによる既知入力とするが、要求される室内環境の形成に応じた出力となる。また、吹き出し口温度やパネルヒータ表面温度制御などによっても制御が行われる。

室内環境の制御方法は、快適性一定制御と室温一定制御の2通りを考える。

5. モデル設定とブロック回路表示

日射については省略した。室内熱容量については室空気と家具を明確に区別する。事務室モデルは周囲壁体を図-1のように熱授受の違いによって分割し、放射熱収支の計算をする。PMVsセンサーは図-1に示す室中央と窓際の2箇所に設置した。

モデル事務室での熱収支状態を示す全体のブロック回路表示は図-2のようになる。ただし、PMVsセンサーと周囲環境の放射回路は複雑となるため省略している。本モデルは3室(対象室、天井裏、外気)の多数室モデルであり、隣室の温度変動は対象室の室温変動と同じである。

6. シミュレーション評価

計算は定常計算結果を初期値とし、外気温度の変動を与条件で与え周期定常状態で評価した。本モデルでは26日以上で周期定常状態となるが、評価には30日後のデータを使用し

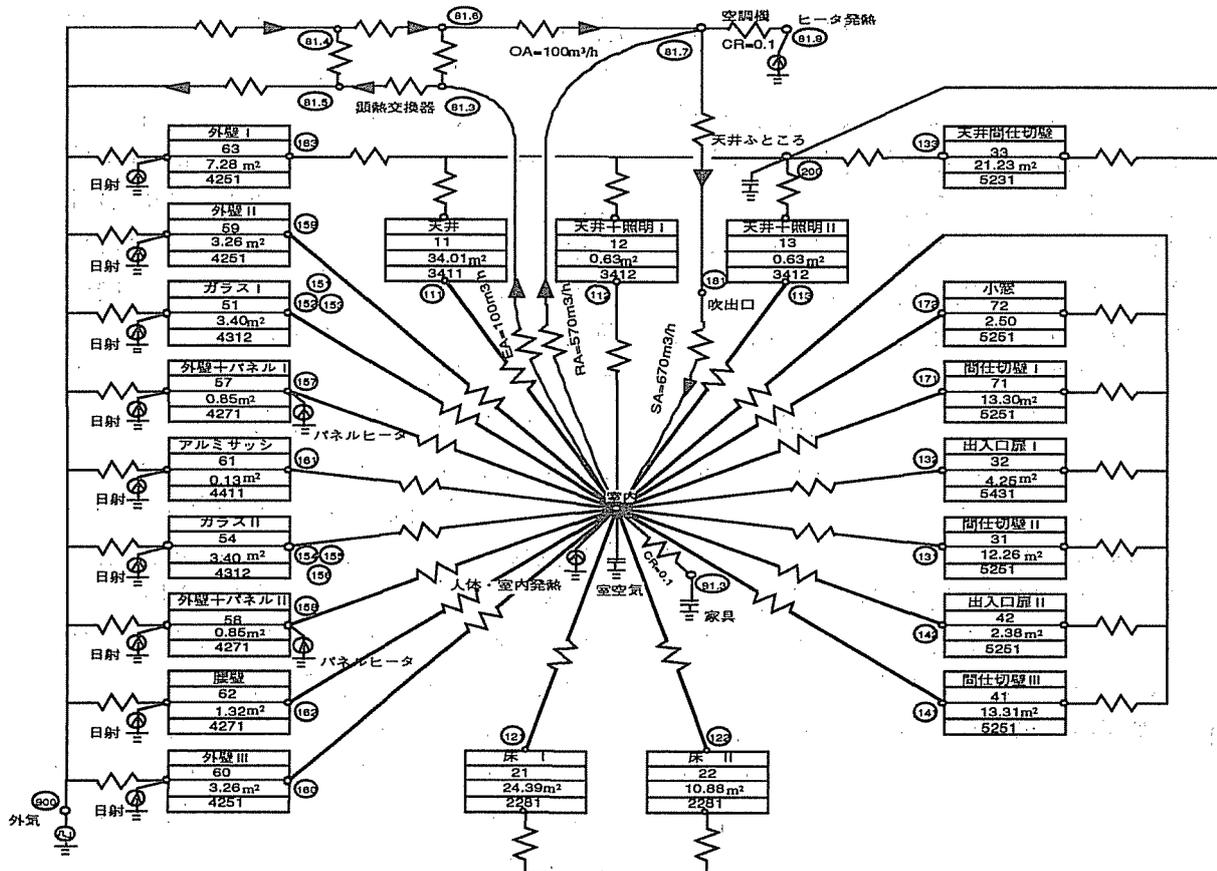


図-2 モデル事務室のブロック回路図 (ただし、放射回路は省略)

た。計算時間間隔は5分である。使用コンピュータはDell System 466DE、今回のモデルは節点数(変数)が120で一日分の計算には約70秒必要とした。

6-1 快適性と省エネルギー効果の比較

室温一定制御と快適性一定制御がエネルギー消費と室内環境に及ぼす影響について検討した。はじめに、パネル表面温度が40℃一定、風量670m³/h条件でのPMVs制御(以下、快適性一定制御)の出力結果例を表-1に示す。ただし、照明の放射効果は考慮せず、吹き出し口温度は34℃以下で制御している。これによれば、空調開始直前の室温は、16.6℃であり、室中央はPMVs=-1.15となっており、やや涼しい状態ということが分かる。中立温感(快適域:-0.5<PMVs<+0.5)となるのは、8時40分からで、窓際は完全にPMVs=0ではないが、空調停止の18時までは快適域に納まり、パネルヒータ表面温度は40℃で制御されている。しかし、吹き出し口温度は、10時55分までは34℃で制御されるが、以後は漸次低下し、空調停止直前では23.4℃となり、室内が快適状態に

保たれる。

室温は、空調開始直後の20.1℃から11時の24.3℃まで上昇し、空調停止直前には、22.7℃となる。また、窓際は空調停止後の20時まで、室中央は21時35分で快適域でありこのとき室温は、20.4℃である。

必要エネルギー量は空調開始時が最大であり、天井吹き出し空調で、3.68kW、一日合計は14.65kWh/日、パネルヒータでは0.71kWとなる。顕熱交換器では空調開始直後の外気温度は0.4℃であるが、熱交換され13.1℃になる。また、熱交換器では、11時5分に最大16.5℃まで温度上昇しており、この時の熱回収量はおよそ0.24kWである。

次にシミュレーション結果をまとめて表-2に示す。当然のことながら送風量が少ない方が一日の供給熱量が少なくなる。また、パネル表面温度が低い方が省エネルギーである。一日供給熱量が最小の空調方式は、PMVs一定制御でパネルヒータ表面温度が40℃、送風量335m³/hであり、合計供給熱量は16.10kWh/日となった。以下、PMVs一定制御でパネルヒータ

表-1 シミュレーション結果出力 (PMVs制御、吹出口34℃制御、風量670m³/h)

時刻	外気温	室温	室中央	窓際	ガラス温度	空調機	パネル温度	パネルヒータ	熱交(OA)	熱交(EA)	吹出温度
TIME	900.00	100.00	282.04	284.04	151.00	81.90	157.00	57.05	81.60	81.50	181.00
D:H:M	T[°C]	T[°C]	PMVS[-]	PMVS[-]	T[°C]	H[kW]	T[°C]	H[kW]	T[°C]	T[°C]	T[°C]
30: 7:50	-2.0	16.6	-1.14	-1.26	3.5	0.00	16.5	0.00	10.0	4.6	15.6
30: 7:55	-2.0	16.6	-1.15	-1.26	3.5	0.00	16.5	0.00	10.0	4.6	15.6
30: 8: 0	-2.0	16.6	-1.15	-1.26	3.5	0.00	16.5	0.00	10.0	4.6	15.6
30: 8: 5	0.4	20.1	-0.76	-0.78	4.4	3.68	40.0	0.36	13.1	7.4	34.0
30: 8:10	0.4	20.7	-0.68	-0.70	4.9	3.48	40.0	0.19	13.5	7.6	34.0
30: 8:15	0.4	21.0	-0.64	-0.65	5.3	3.42	40.0	0.19	13.7	7.7	34.0
30: 8:20	0.4	21.2	-0.60	-0.62	5.6	3.37	40.0	0.19	13.8	7.8	34.0
30: 8:25	0.4	21.3	-0.57	-0.59	5.8	3.33	40.0	0.18	13.9	7.8	34.0
30: 8:30	0.4	21.5	-0.54	-0.56	5.9	3.30	40.0	0.18	14.0	7.9	34.0
30: 8:35	0.4	21.6	-0.52	-0.53	6.0	3.26	40.0	0.18	14.1	8.0	34.0
30: 8:40	0.4	21.8	-0.49	-0.51	6.1	3.23	40.0	0.18	14.2	8.0	34.0
30: 8:45	0.4	21.9	-0.47	-0.49	6.1	3.20	40.0	0.18	14.3	8.1	34.0
30:10:30	2.1	24.0	0.08	0.10	7.9	2.70	40.0	0.16	16.2	9.9	34.0
30:10:35	2.1	24.0	-0.06	-0.09	7.9	2.69	40.0	0.16	16.2	9.9	34.0
30:10:40	2.1	24.1	-0.05	-0.07	8.0	2.67	40.0	0.16	16.3	9.9	34.0
30:10:45	2.1	24.2	-0.03	-0.06	8.0	2.66	40.0	0.16	16.3	9.9	34.0
30:10:50	2.1	24.2	-0.02	-0.05	8.0	2.64	40.0	0.16	16.4	10.0	34.0
30:10:55	2.1	24.3	-0.01	-0.03	8.0	2.63	40.0	0.16	16.4	10.0	34.0
30:11: 0	2.1	24.3	0.00	-0.03	8.0	2.51	40.0	0.16	16.4	10.0	33.5
30:11: 5	2.5	24.2	0.00	-0.03	8.2	2.32	40.0	0.16	16.5	10.2	32.7
30:17:30	1.5	22.7	0.00	-0.04	7.6	0.48	40.0	0.16	15.2	9.0	23.6
30:17:35	1.5	22.7	0.00	-0.04	7.6	0.48	40.0	0.16	15.2	9.0	23.6
30:17:40	1.5	22.7	0.00	-0.04	7.6	0.47	40.0	0.16	15.2	9.0	23.5
30:17:45	1.5	22.7	0.00	-0.05	7.6	0.47	40.0	0.16	15.2	9.0	23.5
30:17:50	1.5	22.7	0.00	-0.05	7.6	0.47	40.0	0.16	15.1	9.0	23.5
30:17:55	1.5	22.7	0.00	-0.05	7.6	0.46	40.0	0.16	15.1	9.0	23.5
30:18: 0	1.5	22.7	0.00	-0.05	7.6	0.45	40.0	0.16	15.1	9.0	23.4
30:18: 5	0.9	21.8	-0.11	-0.19	7.4	0.00	29.4	0.00	14.4	8.3	20.8
30:18:10	0.9	21.7	-0.14	-0.25	7.2	0.00	24.9	0.00	14.3	8.3	20.6
30:18:15	0.9	21.5	-0.17	-0.28	7.1	0.00	22.8	0.00	14.2	8.2	20.5
30:23:45	-1.2	19.0	-0.66	-0.79	4.8	0.00	18.7	0.00	11.8	6.0	17.9
30:23:50	-1.2	18.9	-0.67	-0.79	4.8	0.00	18.7	0.00	11.8	6.0	17.9
30:23:55	-1.2	18.9	-0.67	-0.80	4.8	0.00	18.7	0.00	11.8	5.6	17.8
31: 0: 0	-1.2	18.9	-0.68	-0.80	4.8	0.00	18.7	0.00	11.7	5.9	17.8
T.L.A.T	-0.1	20.5	-0.46	-0.55	5.9	14.65	27.5	1.66	13.2	7.2	21.9

表-2 シミュレーション条件と計算結果

パネルヒータ 制御条件	風量 m³/h	室温一定制御			PMVs一定制御		
		最大供給熱量 kW	一日供給熱量 kWh/日	合計熱量 kWh/日	最大供給熱量 kW	一日供給熱量 kWh/日	合計熱量 kWh/日
40℃	670	P=0.69 Q=3.55	P= 3.21 Q=15.84	19.05	P=0.71 Q=3.68	P= 3.32 Q=14.55	17.87
40℃	335	P=0.71 Q=1.93	P= 3.34 Q=13.58	16.92	P=0.72 Q=1.99	P= 3.42 Q=12.68	16.10
60℃	670	P=1.30 Q=3.49	P= 6.62 Q=12.89	19.51	P=1.33 Q=3.69	P= 6.80 Q=11.01	17.82
60℃	335	P=1.31 Q=1.89	P= 6.71 Q=10.93	17.64	P=1.33 Q=1.99	P= 6.88 Q= 9.28	16.16
80℃	670	P=1.90 Q=3.43	P=10.03 Q= 9.92	19.96	P=1.93 Q=3.65	P=10.27 Q= 7.73	17.99
80℃	335	P=1.93 Q=1.85	P=10.10 Q= 8.13	18.23	P=1.94 Q=1.93	P=10.30 Q= 6.25	16.55
100℃	670	P=2.50 Q=3.35	P=13.44 Q= 7.07	20.51	P=2.53 Q=3.54	P=13.67 Q= 5.07	18.63
100℃	335	P=2.51 Q=1.80	P=13.47 Q= 5.54	19.01	P=2.53 Q=1.89	P=13.67 Q= 3.82	17.50

表面温度60℃(16.16kWh/日)、80℃(16.55kWh/日)の順で、次いで室温一定制御のパネル表面温度40℃(16.92kWh/日)である。

また、PMVより推定される予想不満足者率(PPD)が最も低い空調方式は、PMVs一定制御、パネル表面温度80℃、送風量670m³/hの条件で、PPD=5.40%である。以下、PMVs一定制御でパネルヒータ表面温度60℃(PPD=5.60)、100℃(PPD=5.72)、40℃(PPD=5.82)の順で、次いで室温一定制御、パネル表面温度40℃(PPD=5.86)となった。最大値はパネル表面温度が100℃(PPD=8.60)で最小値との差は僅か2.4%である。

したがって、本モデルではPMVs一定とする快適制御の方が室温一定制御より快適かつ省

エネルギーであり、省エネルギー評価では送風量が335m³/h、パネル表面温度40℃とするPMVs一定制御(一日供給熱量=16.10kWh/日、PPD=7.40%)が優れている。一方、快適性からは送風量が670m³/h、パネル表面温度80℃とするPMVs一定制御(一日供給熱量=17.99kWh/日、PPD=5.40%)が優れている。

6-2 空調開始直後から快適室内環境とする場合

現実のシステムでは有り得ないが、もし、空調開始直後から終了まで、窓際・室中央ともPMVs=0.0となる快適一定の制御をすることを考えてみる。この場合、空調機器の暖房能力は無限大とし、パネルヒータ表面温度と天井吹き出し温度の制御条件を解除した。

計算結果を表-3に示す。空調開始直前の室温は16.6℃、室中央のPMVs=-1.15である。空調開始直後から、終日、中立温感(PMV_s=0.0)で制御されている。パネルヒータ表面温度は最大で51.5℃(17時40分)、パネルヒータによる一日の供給熱量は、4.79kWh/日となる。

吹き出し空気温度は空調開始直後が最大で82.3℃となる。このときの室内への供給熱量は最大値となり13.63kW(一日供給熱量13.42kWh/日)で、パネルヒータと合計では18.22kWh/日となる。

計算上では空調開始直後から快適性一定とする制御により、室内環境を快適に保つことが可能である。しかし、吹き出し空気温度は

表-3 空調開始から室内環境を快適一定とするシミュレーション出力結果

時刻 TIME	外気温 900.00	室温 100.00	室中央 282.04	窓際 284.04	ガラス温度 151.00	空調機 81.90	パネル温度 157.00	158.00	パネルヒータ 57.05	熱交(OA) 81.60	熱交(EA) 81.50	吹き出し温度 181.00
D:H:M	T[°C]	T[°C]	PMVS[-]	PMVS[-]	T[°C]	H[kW]	T[°C]	T[°C]	H[kW]	T[°C]	T[°C]	T[°C]
30: 7:50	-2	16.6	-1.14	-1.25	3.5	0.0	16.7	16.7	0.0	10	4.6	15.6
30: 7:55	-2.0	16.6	-1.14	-1.26	3.5	0.0	16.6	16.6	0.0	10.0	4.6	15.6
30: 8: 0	-2.0	16.6	-1.15	-1.26	3.5	0.0	16.6	16.6	0.0	10.0	4.6	15.6
30: 8: 5	0.4	28.3	0.00	0.00	4.9	13.6	47.9	47.9	0.9	18.4	10.3	82.3
30: 8:10	0.4	27.5	0.00	0.00	5.6	9.5	47.0	47.0	0.4	17.9	10.0	65.6
30: 8:15	0.4	27.0	0.00	0.00	6.1	8.6	46.4	46.4	0.4	17.6	9.9	61.1
30: 8:20	0.4	26.7	0.00	0.00	6.4	7.7	46.2	46.2	0.4	17.3	9.7	57.1
30: 8:25	0.4	26.3	0.00	0.00	6.6	7.0	46.2	46.2	0.4	17.1	9.6	53.8
30: 8:30	0.4	26.1	0.00	0.00	6.8	6.3	46.3	46.3	0.4	17.0	9.5	51.0
30: 8:35	0.4	25.9	0.00	0.00	6.8	5.8	46.5	46.5	0.4	16.8	9.5	48.5
30: 8:40	0.4	25.7	0.00	0.00	6.9	5.3	46.7	46.7	0.4	16.7	9.4	46.4
30: 8:45	0.4	25.5	0.00	0.00	6.9	4.9	47	46.9	0.4	16.6	9.3	44.6
30:17:55	1.5	22.3	0.00	0.00	7.5	0.2	51.5	51.5	0.5	14.9	8.9	21.9
30:18: 0	1.5	22.3	0.00	0.00	7.5	0.2	51.5	51.5	0.5	14.9	8.9	21.9
30:18: 5	0.9	21.7	-0.11	-0.17	7.3	0.0	34.5	34.5	0.0	14.3	8.3	20.6
30:18:10	0.9	21.5	-0.15	-0.25	7.2	0.0	27.2	27.2	0.0	14.2	8.2	20.4
30:18:15	0.9	21.4	-0.18	-0.29	7.1	0.0	23.9	23.9	0.0	14.1	8.2	20.0
30:23:45	-1.2	18.9	-0.67	-0.79	4.8	0.0	18.8	18.8	0.0	11.8	6.0	17.9
30:23:50	-1.2	18.9	-0.67	-0.79	4.8	0.0	18.8	18.8	0.0	11.8	5.9	17.8
30:23:55	-1.2	18.9	-0.68	-0.80	4.8	0.0	18.8	18.8	0.0	11.7	5.9	17.8
31: 0: 0	-1.2	18.9	-0.68	-0.80	4.8	0.0	18.8	18.8	0.0	11.7	5.9	17.8
T.L.A.T	-0.1	20.6	-0.42	-0.50	5.9	13.4	31.2	31.2	4.8	13.2	7.3	21.8

82.3℃まで上昇する必要がある。これではシステムとして成立しない。多くのシミュレーションではこのような矛盾点の検証が不十分である。

6-3 着衣量と窓種類が供給エネルギー量に及ぼす影響

冬季、事務所ビルの執務環境ではYシャツ姿で勤務も稀ではなく、設定室温は上昇気味であるといえよう。省エネルギーの観点からは設定室温のアップは好ましくなく、周囲環境や作業量や着衣量にあった設定室温(快適室内環境)の設計が重要である。周囲環境と人の暑さ寒さ対応は、着衣量を調節することによって可能であり、それはシミュレーションにより消費エネルギー量との関係で評価が可能である。また、消費エネルギー削減の点では二重サッシ窓も有効であり、シングルガラス窓との差を定量的に示す必要がある。そこで、着衣量の変化に加え窓種類の違いが消費エネルギー量に及ぼす影響について検討を行った。二重サッシ窓の構造は、外部ガラス15mm、内部ガラス12mmで図-1に示す対象室の窓を置き換えたモデルを用意した。着衣量は1.2、1.1、1.0、0.8cloの4ケース検討した。

比較は同一の快適環境下で行うものとした。計算モデルは前出の快適性一定制御モデルを用いたが、そのままの制御では例えば図-3に示すようにケースごとに異なる室内環境となり消費エネルギー量の適正な評価が行えない。そのため、空調時間内は室中央・窓際ともPMVs=0.0の環境となるように制御に修正を加えた。ただし、この場合前節にも示したようにいくつかの問題点がある。これらに付い

て以下に検討を加えた。

①空調立ち上がり時

空調立ち上がり時からPMVs=0.0とするためには、前節でも述べたようにシステムの設定値を越えた高温の供給空気温度が必要となる。このため、8時から9時までの1時間を予熱時間帯と考え、9時にPMVs=0.0となるような予熱量を予熱時間に加えた。その後9時からの室内への供給空気の吹き出し口は34℃で制御した。

②パネルヒータ表面温度

シングルガラス窓と、二重サッシ窓では放射環境に大きな差があるため同一の制御条件でも同じ快適環境とする事も困難である。窓からの冷放射を考えた場合、室中央と同時に窓際も快適とするためにはパネルヒータにより調節する。窓際をPMVs=0.0に保つためには、二重サッシ窓の場合はパネル表面温度40℃で十分であったが、シングルガラス窓の場合はより強い冷放射を受けるため55℃の温度が必要である。

③室内への必要供給空気量

室内への吹き出しを34℃で制御させた場合、供給空気量により暖房能力が制限される。二重サッシ窓では供給空気量670m³/hで暖房能力は十分であった。これに対し、シングルガラス窓の場合、予熱により9時でPMVs=0.0とした後もPMVs=0.0とするためには3倍の2000m³/hの供給空気が必要である。

以上の条件により計算を行った結果を図-4、図-5に示す。図-4は室中央のPMVs変化であるが、予熱時間帯を除き9時から18時ま

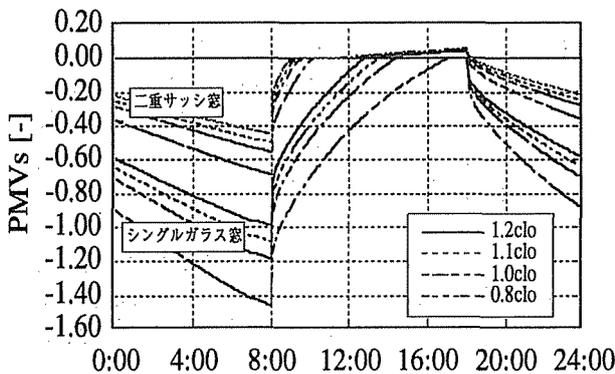


図-3 快適性一定制御によるPMVs変化

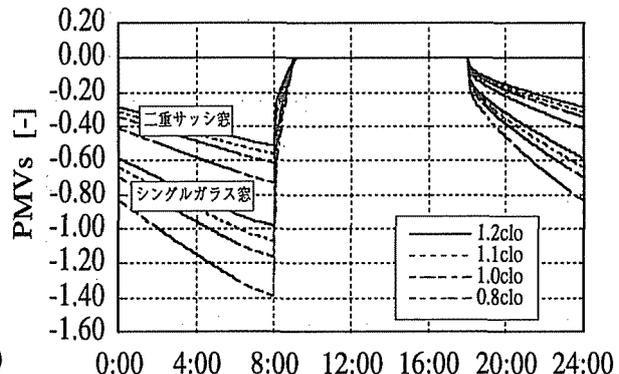


図-4 室中央のPMVs変化(モデル修正後)

での空調時間帯でPMVs=0.0の環境を達成できている。図-5は予熱量を含めた一日の供給エネルギー量である。二重サッシ窓で1.2cloの場合には、最も少ない9.9kWh/日の供給エネルギー量で快適環境が形成できるが、最も条件の悪いシングルガラス窓で0.8cloの場合には4倍の39.9kWh/日のエネルギー量が必要である。また、シングルガラス窓で1.2cloでの供給エネルギー量33.73kWh/日は、同じclo値での二重サッシ窓の値の3.4倍である。

また、本モデルの二重サッシ窓においては、着衣量0.1cloの増加は、0.7kWh/日、シングルガラス窓の場合には1.5kWh/日の供給エネルギー量削減効果がある。

7. まとめ

事務所ビルでの天井吹き出しを主空調とし、放射環境調整用として窓際に設置したパネルヒータによる暖房システムについて、コンピュータシミュレーションを行った。その結果、以下の知見が得られた。

- 1)人体熱収支モデルPMVsを定義することにより、快適室内環境の形成効果とエネルギー消費量が定量的に評価可能であることを示した。
- 2)室温一定制御と快適一定制御など制御方法の違いによるエネルギー消費量が正確に計算できることを示した。本試算例では快適性一定制御が室温一定制御より省エネルギーで快適効果を上げることが分かった。
- 3)シミュレーション上では空調開始直後から終日室内を快適一定環境にすることは可能

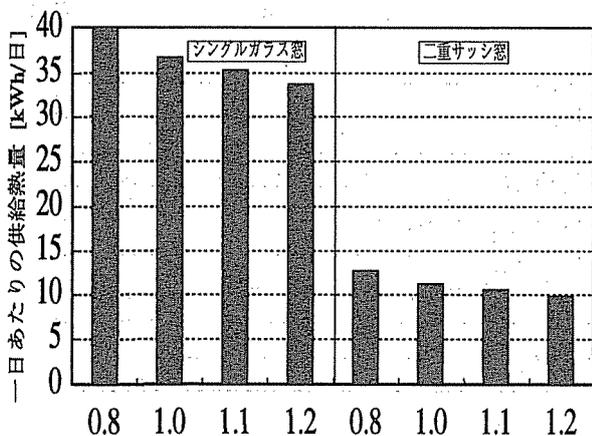


図-5 clo値の違いによるエネルギー比較

であるが、そのためには設備機器の設計仕様をこえた使用状態となることが分かった。例えば、空調の天井吹き出し口温度は、82.3℃が必要となり、システム成立の矛盾が検証できた。

- 4)在室者の着衣量と窓種類が快適環境に及ぼす影響を定量的に評価した。試算例によれば、二重サッシ窓においては着衣量0.1cloの増加は0.7kWh/日、シングルガラス窓の場合には、1.5kWh/日の供給エネルギー削減効果がある。また、着衣量1.2cloでは、シングルガラス窓における供給エネルギー量は二重サッシ窓の場合の3.4倍である。

温熱環境設計では対象地域、気象条件、建物仕様、空調方式など様々な影響要因があり、特に、放射環境の計画は複雑で難しく、手計算や動的負荷計算では評価できない問題点が多い。

本試算例ではパネルヒータを含む複雑な暖房空調設計であっても実物を模擬することが可能であり、シミュレーションにより快適効果、消費エネルギー量比較など定量的評価が可能であることを示した。

(SAPLOプログラム利用に関して、住環境システムシミュレーション研究室松浦茂先生に便宜を図っていただきました。深く感謝致します)

【参考文献】

- 1)A.P. Gagge, R.G. Nevins, Y. Nishi:An Effective Temperature Scale Model of Human Physiological Regulatory Response, ASHRAE Transactions, 1971
- 2)P.O. Fanger:Thermal Comfort, McGraw-Hill Book Company, 1972
- 3)松浦茂、井齋千佳子、山田篤志、小林昌弘、神村一幸:人間・建物・設備システムシミュレーションによる居住環境の設計制御法の確立のための研究(1)設計のためのシミュレーション用回路表示型温感モデルの検討、第13回人間-熱環境系シンポジウム報告集、1989.11
- 4)松浦茂:パーソナルコンピュータ時代におけるAPLを用いた連続系シミュレーションパッケージの基本設計概念とアルゴリズム、北海道大学工学部研究報告、第113号、1983.2