

回転実験室冷房負荷重み係数の研究

田中辰明
宮川保之

概要

日射熱による熱負荷変動を求め一方法として、電算機による負荷計算に利用するために適した時系列表示による、三角波パルスの単位日射熱取得に対する負荷変動を重み係数で表わす方法がある。これによって日射熱が室内の冷房負荷となっていく状況が時間的にも量的にも明確にわかる。過去3年間にわたって回転実験室によって、各窓面・各方位について日射熱負荷の実測を行ってきたので、全日運転時についての実測結果から、各場合についての透過日射量に対する冷房負荷重み係数を求めた。また室内コンクリート板の応答係数から理論上、同一の重み係数を求め、実測による結果とを比較し検討を行なった。

1. 冷房負荷重み係数の算定式

実験室を連続運転した場合、冷房負荷の要因としては次のようなものがある。(A)透過日射量、(B)外気温、(C)室温変動、(D)ガードルーム(隣室)の室温と実験室室温との差、あらゆる量の変動を Δt 時間間隔の時系列で表わすこととし、時間 $t=n\Delta t$ の各量の記号を次のように定める。

- I_n : 透過日射量 kcal/m²h
- $\theta_{a,n}$: 外気温
- $\theta_{r,n}$: 室温
- $\theta_{b,n}$: ガードルーム室温
- $\theta_n = \theta_{a,n} - \theta_{r,n}$: 外気温と室温との差
- $\alpha_n = \theta_{r,n} - \theta_{r0}$: 室温変動
- θ_{r0} : 実験室設定室温
- A_g : ガラス窓面積(8m²)
- W_j : I (透過日射量) に対する冷房負荷重み係数
- W_j' : θ (外気温と室温との差) に対する冷房負荷重み係数
- W_j'' : α (室温変動) に対する冷房負荷重み係数
- W_j''' : β (ガードルームと実験室との温度差) に対する冷房負荷重み係数

そこで n 時の全負荷 H_n は次のようになる。

$$H_n = A_g \sum_{j=0}^{\infty} W_j I_{n-j} + A_g \sum_{j=0}^{\infty} W_j' \theta_{n-j} + \sum_{j=0}^{\infty} W_j'' \alpha_{n-j} + \sum_{j=0}^{\infty} W_j''' \beta_{n-j} \quad \dots\dots\dots(1)$$

2. 外気温と透過日射量のみに対する冷房負荷重み係数

(1)式では4つのファクターを考えているが室温変動はほとんどなく、またガードルーム室温も実験室室温と同じに制御されているので、(1)式の3項と4項はほとんど0になるとみなす。そこで冷房負荷になるものは透過日射量と外気温だけになるので、(1)式は次のようになる。

$$H_n = A_g \left(\sum_{j=0}^{\infty} W_j I_{n-j} + \sum_{j=0}^{\infty} W_j' \theta_{n-j} \right) \quad \dots\dots\dots(2)$$

ここで $j=0$ から $j=k$ までの和で近似させるとする

$$H_n = A_g \times (W_0 I_n + W_1 I_{n-1} + W_2 I_{n-2} + \dots + W_k I_{n-k} + C.C_0' \theta_n + W_1' \theta_{n-1} + \dots + W_k' \theta_{n-k})$$

となり、また $(n+1)$ 時の方程式は次のようになる。

$$H_{n+1} = A_g \times (W_0 I_{n+1} + W_1 I_n + W_2 I_{n-1} + \dots + W_k I_{n+1-k} + W_0' \theta_{n+1} + W_1' \theta_n + \dots + W_k' \theta_{n+1-k})$$

以下同様にして全部で $2(k+1)$ 個の式を作り、 W_0 から W_k 、 W_0' から W_k' までを未知数として $2(k+1)$ 個の連立方程式を解けばよい。これによって求めた重み係数の結果を表-1に示す。この結果を見ると負の値すら現われていて常識的な値であるとはいえない。したがってこの方法で重み係数を求めることは適当でないといえる。特にガラスの熱容量を無視できるとすると外気温に対する重み係数の第1項は熱貫流率に等しくなるはずであり、少なくとも W_1' 以下は0に近い値となるはずである。

昭和年. 月. 日 窓面の状態	方位	透過日射量に対するWF (無名数)			外気温に対するWF(kcal/m ² hdeg)		
		W ₀	W ₁	W ₂	W ₀ '	W ₁ '	W ₂ '
42. 5. 17 普通ガラス+横形ブラインド 45°	E	0.350	0.026	-0.131	46	-66	23
42. 5. 23 普通ガラス+横形ブラインド全開	E	0.364	0.163	0.026	-5	21	-14
42. 5. 25 普通ガラスのみ	E	0.038	0.218	0.150	5	5	-9
42. 6. 3 普通ガラス+立て形ブラインド全開	E	-0.151	0.517	0.131	9	52	-66
42. 6. 16 普通ガラス+立て形ブラインド全閉	E	0.059	-2.71	-4.07	-34	129	-111

表一 外気温と透過日射量それぞれに対する重み係数 (1時間間隔)

3. 透過日射量のみに対する冷房負荷重み係数

3.1. 時間間隔を1時間とした場合

今、外気温の影響を瞬間的な貫流熱として負荷 H_n から差し引く。すなわちガラスの熱貫流率を k とすると n 時のガラス貫流熱量 q_{a,n} は

$$q_{a,n} = k(\theta_{a,n} - \theta_r, n)$$

(2)式の第2項を上式によって取り除くと、単位窓ガラス面積あたりの日射熱負荷 q_n は近似的に

$$q_n = \sum_{j=0}^{\infty} W_j I_{n-j} \quad \dots\dots\dots(3)$$

で表わされると考えることができる。しかしながら日の出を5時以降とするならば、I₅, I₄, …は0となるので(3)式は次のようになる。

$$q_n = \sum_{j=6}^{\infty} W_{j-6} I_{n-(j-6)} \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$= W_0 I_n + W_1 I_{n-1} + W_2 I_{n-2} + \dots + W_{n-6} I_6 \quad \dots\dots(5)$$

この一般的な状態を図一に示す。

たとえば9時の冷房負荷 q₉ は

$$q_9 = I_9 W_0 + I_8 W_1 + I_7 W_2 + I_6 W_3$$

一般に n 時の式は

$$q_n = I_n W_0 + I_{n-1} W_1 + I_{n-2} W_2 + \dots + I_6 W_{n-6}$$

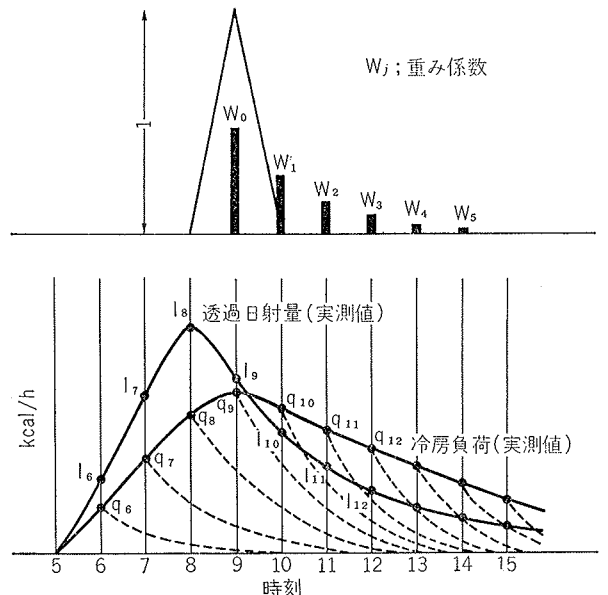
となる。ここで有限個の重み係数として、W₀, W₁, W₂, …, W_k を考え、(k+1)個の異なる n 時についての式を作り、これを連立方程式として解けば(k+1)個の重み係数が求められる。

ところで窓ガラスの熱貫流率 k は、日の出前の時刻の測定負荷から求められる。これに基づいて日射のある時刻については、外気温の影響を貫流熱として全負荷 H_n から差し引いて日射熱負荷 q_n を計算すると、日の出の時点では q_n=0, になっているので、日の出以降

の時刻から、順次に(5)式をつくれれば次のようになる。

$$\begin{cases} q_6 = I_6 W_0 \\ q_7 = I_7 W_0 + I_6 W_1 \\ q_8 = I_8 W_0 + I_7 W_1 + I_6 W_2 \\ \vdots \\ q_n = I_n W_0 + I_{n-1} W_1 + I_{n-2} W_2 + \dots + I_6 W_{n-6} \end{cases}$$

この方程式を上から順々に解くことによって W₀, W₁, W₂…が得られる。なお W_j が何番目かで負になったら計算はそこでやめる。すなわち何時間か前の透過日射熱量はそのときまでに全部室内負荷になりきってしまったと考える。このようにして求めた重み係数の結果を表一2に示す。これは本来、方位・季節に関係なく窓の形態のみによって変わるものであるが、日によって多少異なった値がでていた。しかしだいたい相互に近い値がでていた。表から明らかなように普通ガラ



図一 透過日射量のみに対する重み係数 (東側)

スのみのときは負荷が長時間にわたって徐々に室内にでてくる。

ブラインドのある場合は最初の1時間で日射熱の大半が室内冷房負荷となる。これはブラインドの透過率が全閉, 45° で0.2~0.3程度であり, 全開でも0.4程度であるため, 日射熱の大部分がブラインドに吸収され, ブラインドの熱容量が小さいため, すぐに室内に放熱されることを示している。またブラインドの開度による重み係数の相違はあまり明確には認められなかった。

3.2. 時間間隔を15分とした場合

次に時間間隔をさらに細かく15分間隔で計算を行なってみる。計算方法は1時間間隔の場合と同じである。結果を表一3に示す。なお15分間隔の w_k と1時間間隔の W_k との関係は図一2を参照にして次のように表わすことができる。

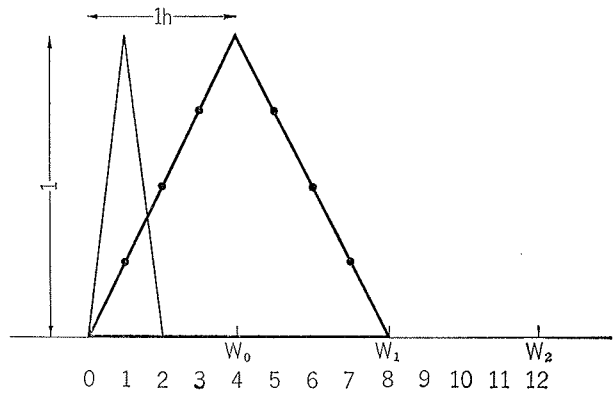
$$W_0 = \frac{1}{4}w_3 + \frac{1}{2}w_2 + \frac{3}{4}w_1 + w_0$$

$$W_1 = \frac{1}{4}w_7 + \frac{1}{2}w_6 + \frac{3}{4}w_5 + w_4 + \frac{3}{4}w_3 + \frac{1}{2}w_2 + \frac{1}{4}w_1$$

$$W_2 = \frac{1}{4}w_{11} + \frac{1}{2}w_{10} + \frac{3}{4}w_9 + w_8 + \frac{3}{4}w_7 + \frac{1}{2}w_6 + \frac{1}{4}w_5$$

3.3. 指数関数で近似した場合 (1時間間隔)

以上2つの方法で計算を行なった場合の解を片対数グラフに記入してみると, ある項以下の点を結ぶとほとんど直線になる。そこで指数関係を使って次のような方法で重み係数を求めてみた。たとえば昭和42年7月20日 (東側, 普通ガラスのみ) の場合, 重み係数は第3項以下片対数グラフにて直線になると仮定し, $j \geq 2$ については Ae^{-jB} とおき, このA, Bと最初の2項 W_0, W_1 とを未知数として連立方程式を作ると次のようになる。



図一2 15分間隔, 1時間間隔のパルスの関係

普通ガラスのみ

昭和 年. 月. 日	方位	W_0	W_1	W_2	W_3	W_4	W_5
42. 5. 25	E	0.505	0.175	0.098	0.051	0.021	
5. 26	E	0.502	0.156	0.096	0.032		
7. 19	E	0.540	0.180	0.107	0.020	0.020	0.009
7. 20	E	0.422	0.209	0.084	0.052	0.046	0.021
43. 8. 22	E	0.462	0.255	0.139	0.079	0.031	
42. 12. 23	S	0.305	0.196	0.080	0.067	0.059	0.022
12. 30	S	0.310	0.126	0.106	0.083	0.043	
43. 2. 3	S	0.488	0.272	0.078	0.052	0.029	

普通ガラス+ベネチャンブラインド

昭和 年. 月. 日	方位	ブラインドの状態	W_0	W_1	W_2	W_3
42. 5. 17	E	横形・45°	0.727	0.051	0.007	
5. 18	E	横形・全閉	0.727	0.020	0.010	
5. 23	E	横形・全開	0.705	0.069	0.052	0.022
6. 1	E	立て形・45°	0.720	0.061	0.020	
43. 1. 25	S	横形・全閉	0.780	0.046	0.025	
1. 26	S	横形・全閉	0.763	0.082	0.010	
2. 14	S	横形・全開	0.860	0.061		

表一2 透過日射量のみに対する重み係数 (1時間間隔)

	(普通ガラス)			(普通ガラス+ベネチャンブラインド)	
	42. 5. 25 E	42. 7. 20 E	42. 12. 30 S	42. 5. 23 E 横形全開	43. 1. 25 S 横形全開
w_0	0.505 0	0.422 0	0.310 0	0.705 0	0.780 0
w_1	0.045 5	0.052 0	0.032 0	0.009 5	0.010 0
w_2	0.044 1	0.046 1	0.028 0	0.017 0	0.009 3
w_3	0.047 8	0.041 6	0.027 8	0.012 0	0.010 6
w_4	0.048 8	0.037 2	0.026 7	0.017 0	0.006 5
w_5	0.024 6	0.024 4	0.027 0	0.020 9	0.010 0
w_6	0.028 6	0.034 4	0.025 2	0.010 1	0.0053
w_7	0.031 3	0.034 0	0.026 3	0.014 0	0.008 9
w_8	0.034 2	0.041 7	0.021 3	0.010 1	0.009 4
w_9	0.014 1	0.006 4	0.022 1	0.007 0	
w_{10}	0.013 8	0.010 3	0.019 0	0.009 5	
w_{11}	0.014 5	0.016 0	0.021 3	0.006 3	
w_{12}	0.014 5	0.025 0	0.022 0	0.008 5	
w_{13}	0.006 1	0.012 2	0.008 9		
w_{14}	0.006 4	0.008 1	0.015 1		
w_{15}	0.005 4	0.006 0	0.014 7		
w_{16}	0.000 3	0.000 2			

表一3 透過日射量のみに対する重み係数 (15分間隔)

$$\begin{aligned}
 q_8 &= I_8 W_0 + I_7 W_1 + I_6 A_e^{-2B} + I_5 A_e^{-3B} \\
 q_9 &= I_9 W_0 + I_8 W_1 + I_7 A_e^{-2B} + I_6 A_e^{-3B} + I_5 A_e^{-4B} \\
 q_{10} &= I_{10} W_0 + I_9 W_1 + I_8 A_e^{-2B} + I_7 A_e^{-3B} + I_6 A_e^{-4B} \\
 &\quad + I_5 A_e^{-5B} \\
 q_{11} &= I_{11} W_0 + I_{10} W_1 + I_9 A_e^{-2B} + I_8 A_e^{-3B} + I_7 A_e^{-4B} \\
 &\quad + I_6 A_e^{-5B} + I_5 A_e^{-6B} \\
 q_{12} &= I_{12} W_0 + I_{11} W_1 + I_{10} A_e^{-2B} + I_9 A_e^{-3B} + I_8 A_e^{-4B} \\
 &\quad + I_7 A_e^{-5B} + I_6 A_e^{-6B} + I_5 A_e^{-7B}
 \end{aligned}$$

実際に方程式を解く場合は、上式中のアンダーライン部分はいずれにしても小さい値になるので無視する。

3.4. 3通りの方法の比較

以上3通りの方法によって求めた重み係数の結果を、ブラインドのない場合とある場合について比較したものを表一4に示す。なお15分間隔の場合の値は3.2.に記した方法で1時間間隔に直した値である。3.1.の方法によって求めた W_j と、3.2.の15分間隔の w_j を基にして計算した1時間間隔の W_j と、指数関数による近似による W_j とを比べてみるとだいたい一致しているとみることができる。指数関数で表わしたものは W_1 が前二者と多少異なっているが、全体としてのバラツキは少なく最も合理的な求め方と思われる。

3.5. 考察

(1) 今回の実験より普通ガラスのみの場合、重み係数は W_0 から W_5 程度まで求められ、徐々に小さくなっているのに対し、ガラスの内側にベネチャンブラインドがある場合は W_3 程度までしか求められず、 W_0 が特に大きく、 W_1 以降は小さな値となっている。

(2) 重み係数は本来、室の構造・形態によってのみきまり、方位・季節によっては変わらないはずであるが、表一2に示すように実験より得られた結果は必ずしも一致していないが、測定精度の点からこの程度の差はやむをえない。

(3) 多層階の建築においては、日射によって床板が暖められ、下の階へ流出する熱量は上の階の床板から流入する熱量で相殺される。しかし回転実験室は単層階であるので、上階の床板より流入するはずの熱量が上部ガードルームからは流入しないので、その熱量分だけ実際の冷房負荷は少なくなっている。この分はブラインドがある場合は少なく、ブラインドがない場合は多くなり、だいたい8~15%程度であることがわかった。

4. 理論式による検討

4.1. コンクリート板の応答係数

回転式空調実験室は1面のみがガラスで、他の5面は12cm厚の単層コンクリート板からなる単純な形を

42. 7. 20 E 普通ガラスのみ			
	7-4-1	7-4-2	7-4-3
W_0	0.422	0.495	0.420
W_1	0.209	0.149	0.275
W_2	0.084	0.105	0.091
W_3	0.052	0.059	0.059
W_4	0.046		0.042
W_5	0.021		0.029
W_6			0.019
W_7			0.013
W_8			0.009
W_9			0.006
W_{10}			0.004

43. 1. 25 S 普通ガラス+横形ブラインド全閉			
	7-4-1	7-4-2	7-4-3
W_0	0.780	0.795	0.712
W_1	0.046	0.034	0.136
W_2	0.025		0.042
W_3			0.013
W_4			0.004
W_5			0.001

表一4 3通りの方法の比較

しているため、このコンクリート板の応答係数から室の日射に対する重み係数を求めることによって、実験で得られた重み係数との比較を行なった。

計算結果を大きく左右する要素は表面熱伝達率であり、過去の実験で得られた値を用いて壁体の応答係数を計算し、これから重み係数を求めた。すなわち室内側表面熱伝達率はふく射を含めて $12\text{kcal/m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{deg}$ 、ガードルーム側表面熱伝達率 $6\text{kcal/m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{deg}$ とし、コンクリートの熱伝導率 $1.4\text{kcal/m}\cdot\text{h}\cdot\text{deg}$ 、比重量 2200kg/m^3 、比熱 $0.2\text{kcal/kg}\cdot\text{deg}$ として応答係数を計算した結果を表一5に示す。

4.2. 普通ガラスのみの場合のガラス透過日射量に対する冷房負荷重み係数

ガラス窓からふく射の形で室内表面に入射する単位のエネルギーが三角波パルスによって与えられたとき、両表面の境界層を含むコンクリート板に対しては、相当気温の概念を用いると $1/\alpha_1(^\circ\text{C})$ の入力を与えられたと考えることができる。そこで Z_j の応答係数を用いれば、 $1(\text{kcal/m}^2\text{h})$ の三角波パルスに対して、その時刻

に現われる冷房負荷は $1-aZ_0/\alpha_1$ となる。ここで a は表面の吸収率である。また 1 時間後に冷房負荷となるものは $-aZ_1/\alpha_1$ となり、一般に j 時間後には、 $-aZ_j/\alpha_1$ が冷房負荷となる。すなわち次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} W_0 &= 1 - aZ_0/\alpha_1 \\ W_j &= -aZ_j/\alpha_1 \quad (j \geq 1) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(6)$$

天井コンクリート板の上表面、すなわち上方がガードルーム側のコンクリート板の表面には、一般建築の場合であると日射があたると考えられるので次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} W_0 &= 1 - a(Z_0 - Y_0)/\alpha_1 \\ W_j &= a(Y_j - Z_j)/\alpha_1 \quad (j \geq 1) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(7)$$

本装置では上表面には日射が当たっていないので Y_j の項はなくなる。したがって、ここでは(6)式が冷房負荷重み係数 W_j を与えるものと考えられる。

表一5の数値を用いて W_j を求めると表一6のようになる。なおこの計算では室内の多重反射を考え表面の吸収率を1とした。

表一2の普通ガラスのみの重み係数の値と比較する

j	X_j	Y_j	Z_j
0	-5.060 624 24	0.096 189 03	8.718 719 60
1	-0.640 668 06	0.558 702 23	-1.883 788 73
2	-0.371 215 97	0.577 575 84	-0.999 716 12
3	-0.271 577 73	0.441 941 80	-0.725 389 83
4	-0.202 405 66	0.330 569 37	-0.540 261 51
5	-0.151 080 75	0.246 817 42	-0.403 242 87
6	-0.112 784 39	0.184 257 76	-0.301 026 36
7	-0.084 196 31	0.137 553 19	-0.224 723 46
8	-0.062 854 66	0.102 686 92	-0.167 761 69

共通比：0.746 525 12

表一5 コンクリート板の応答係数

W_0	0.275
W_1	0.157
W_2	0.083
W_3	0.060
W_4	0.045

表一6 応答係数から求めた重み係数

α_s (スラット表面吸収率)	T (ブラインド全体の透過率)	A (ブラインド全体の吸収率)
0.4	0.085	0.49
0.5	0.070	0.60
0.6	0.045	0.69

表一7 ブラインド全体としての透過率, 吸収率

と一見かなり異なった値となっている。

また、このコンクリート板の熱貫流率 k を計算すると 2.98 であるから、室内側表面へ入射する $1(\text{kcal/m}^2\text{h})$ のふく射熱のうち $k/\alpha_1 = 2.98/12 = 0.248$ はガードルームへ逃げることになる。したがって $\sum_{j=0}^{\infty} W_j = 1 - k/\alpha_1 = 0.752$ となる。表一2の値については $\sum_{j=0}^{\infty} W_j = 0.8$ 程度になっており、これに近い値を示している。

4.3. ブラインドがある場合のガラス透過日射熱に対する冷房負荷重み係数

ブラインドがある場合は Parmelee の図表によると、入射角、プロファイルアングル 30° のとき、スラット角 45° , $W/S = 1.2$ としてブラインド全体としての透過率 T , 吸収率 A はスラット表面の吸収率 α_s に対して表一7のようになる。

ここで、仮にガラスとブラインド間の中空層の熱抵抗を R_a , ガラス外表面熱伝達抵抗を R_0 , ブラインド全体と室内空気との間の熱伝達抵抗を R_i とすると、ブラインドに吸収された日射量のうち、室内に伝達される熱量のガラス透過日射量に対する割合は

$$r = \frac{A}{\tau_g} \cdot \frac{R_0 + R_a}{R_0 + R_a + R_i} \dots\dots\dots(8)$$

で表わされる。いま、 $R_0 = 0.05$, $R_i = 0.05$, $R_a = 0.15$ としてみると $\alpha_s = 0.6$, $\tau_g = 0.85$ のときは

$$r = \frac{0.69}{0.85} \times \frac{0.05 + 0.15}{0.05 + 0.15 + 0.05} = \frac{0.69}{0.85} \times \frac{0.2}{0.25} = 0.649 \dots\dots\dots(9)$$

となる。このうち対流で室内空気に伝達される分が大部分を占め、残りの低温ふく射で室内各表面に吸収された後、負荷になる分を20%とみるとブラインド透過分と合わせて、 $\frac{0.045}{0.85} + 0.2 \times 0.649 = 0.183$ がふく射成分として室内蓄熱の影響を受けることになる。これは表一6の値をこの0.183に乗ずれば求められる。

したがってブラインドのある場合の透過日射に対する冷房負荷重み係数 W_j は、 W_0 については(9)式の結果を用いて、 $0.649 - 0.183 = 0.466$ を上の結果に加えればよい。すなわち表一8のようになる。これを表一2の実験値からの重み係数の値と比較すると、実験値

W_0	$0.466 + 0.275 \times 0.183 = 0.516 \ 3$
W_1	$0.157 \times 0.183 = 0.028 \ 7$
W_2	$0.083 \times 0.183 = 0.015 \ 2$
W_3	$0.060 \times 0.183 = 0.010 \ 98$
W_4	$0.045 \times 0.183 = 0.008 \ 23$

表一8 ブラインドのある場合の重み係数

によるほうが第1項の W_0 の値がかなり大きくなっていくことがわかる。

$1 - \sum_{j=0}^{\infty} W_j$ の分は、ブラインドに反射されて外部に放出される割合である。

4.4. 検討

ブラインドがある場合もない場合も実験値のほうが理論値に比べて重み係数の第1項の値が幾分大きく現われることがわかった。理論式でこの実験結果と合致させるには、表面熱伝達率の値として予想以上に大きな値をとらなければならないことになる。これは、回転実験室における換気回数が約20回でこのため室内気流速度がかなり大きいと、室内にあるファンコイルユニット、測定器具等に吸収されてほとんど瞬間的に負荷となるとみられる熱量、コンクリート板表面のおうとつ（凹凸）の影響、日射が直接あたる床面から室内への対流熱伝達の非線形性などを無視しているため、などによる。これらはいずれも重み係数の第1項の値を大きくする方向に働くことは明らかである。特にブラインドがある場合についてはほとんど第1項に大きく支配される。

また一方実験値から重み係数を求める場合、ファンコイル除去熱量の数値がわずかに異なっても連立方程式を解いて求める重み係数の値は大きく変わることになる。逆にいえば重み係数の値がかなり変わっても、

実際の負荷変動はそれほど変わった形にならない結果となる。この意味で理論計算と実験結果とはそれほど矛盾したものではないということもいえる。

5. おわりに

本研究に当たって早大助教授、木村建一氏から多大の御指導を受けた。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) Metin Lokmanhekim (Ed.): Proposed Procedure for Determining Heating and Cooling Loads for Energy Calculations, ASHRAE Task Group on Energy Requirements for Heating and Cooling, 1968
- 2) 田中・宮川: 回転式空調実験室冷房負荷重み係数, 日本建築学会北海道大会論文要旨集, 1969—8
- 3) 田中・宮川: 回転式空調実験室冷房負荷重み係数, 日本建築学会関東支部第40回学術研究発表会, 1969—11
- 4) 木村・田中・宮川: 回転式空調実験室によるガラス窓からの熱負荷変動に関する実験的研究, 空気調和・衛生工学, Vol. 44, No. 7
- 5) 木村・田中・宮川: 透過日射に対する冷房負荷重み係数の実測, 空気調和・衛生工学, Vol. 45, No. 1