

外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発（その13）

熱負荷・室内環境のシミュレーション法

Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems, the BEST (Part 13)

A Simulation Method of Thermal Load and Space Environment

正会員 郡 公子（宇都宮大学） 特別会員 村上 周三（慶応義塾大学）

正会員 石野 久彌（首都大学東京） 正会員 長井 達夫（東京理科大学）

Kimiko KOHRI*¹ Shuzo MURAKAMI*² Hisaya ISHINO*³ Tatsuo NAGAI*⁴

*¹Utsunomiya University *²Keio University *³Tokyo Metropolitan University *⁴Tokyo University of Science

This paper describes the solution method of space heat balance that is affected by adjacent spaces and HVAC systems, as well as the calculation method of thermal load components such as walls and windows. Heat balance is solved by Forward Method at a shorter time step during conditioning hours and solved by Backward Method at a longer time step during unconditioning hours.

1. 序

本報では、建物側の具体的な計算法を報告する。本計算法は、計算時間間隔が可変であることと、空調システムとの連成計算を行う時間帯とそうでない時間帯とで解法を切り換えられるという特徴をもつ。まず、室熱平衡式と解法について述べ、次に壁、窓、その他熱負荷要素の計算法について述べる。

2. 室熱平衡式と解法

多数室相互の影響を考慮した計算を行うものとし、室温を未知数とする室熱平衡式をたてた。室*i*の顕熱平衡式を表1に示す。表1の式(1)は、表中の式(2)以降を代入して整理すると次式になる。

$$C_i(d_i/dt)_n = K_{i,i,n} \cdot \theta_{i,n} + \sum_j K_{i,j,n} \cdot \theta_{j,n} + F_{i,n} \dots (1)$$

ここに、 C_i ：室*i*の熱容量[J/K]、 θ_i 、 $d\theta_i/dt$ ：室*i*の室温[K]、室温微分値[K/sec]、 n ：現在の時間ステップ、 $K_{i,j}$ 、 F_i ：室*i*の熱平衡式の室*i*に関する係数[W/K]、定数項[W]

空調システムとの連成計算が不要な場合、左辺を後退差分で表し、現在の自室温 $\theta_{i,n}$ および隣室温 $\theta_{j,n}$ を未知数として扱い、多数室熱平衡式を連立させて解く（後退法と呼ぶ）。空調システムとの連成計算が必要なときには、非線形で不連続な現象が多いシステム側に配慮した解法をとる必要がある。そこでシステム側に適する解法として、4次のルンゲクッタ法を利用して、現在の室温やシステム側状態値を既知として次時間ステップの状態値を求める方法とした（前進法と呼ぶ）。前進法の場合は、ある程度計算時間間隔を細かくとる必要があるが、その結果、外乱や空調供給熱に対する

表1 室顕熱平衡基本式

時間ステップ <i>n</i> での室 <i>i</i> の熱平衡式を式(1)で表す。	空調供給熱量 $Q_{AC,n}$ [W]は、
$C_i(d_i/dt)_n = Q_{W,n} + Q_{IW,n} + Q_{F,n} + Q_{INF,n} + Q_{AIR,n} + Q_{IH,n} + Q_{AC,n} \dots (1)$	$Q_{AC,n} = C_p \cdot V_{D,n} (\theta_{D,n} - \theta_{i,n}) \dots (8-1)$
室外側温度 $\theta_{Oe,k,n}$ が既知の壁体・窓負荷 $Q_{W,n}$ [W]は、	$Q_{AC,n} = C_p \cdot V_{OA,n} (\theta_{O,n} - \theta_{i,n}) + \sum_j C_p \cdot V_{REj,n} (\theta_{j,n} - \theta_{i,n}) + Q_{SYS,n} \dots (8-2)$
$Q_{W,n} = \sum_k \{K_{W0,k} \cdot \theta_{Oe,k,n} + K_{Wi,k} \cdot \theta_{i,n} + F_{W,k,n}\} \dots (2)$	$Q_{AC,n} = Q_{SYS,n} \dots (8-3)$
隣室温度 $\theta_{j,n}$ が未知の内壁負荷 $Q_{IW,n}$ [W]は、	
$Q_{IW,n} = \sum_j \{K_{IW0,j} \cdot \theta_{j,n} + K_{IWj} \cdot \theta_{i,n} + F_{IWj,n}\} \dots (3)$	
家具類や室外側温度が自室温に等しい内壁の負荷 $Q_{F,n}$ [W]は、	
$Q_{F,n} = K_F \cdot \theta_{i,n} + F_{F,n} \dots (4)$	
すきま風負荷 $Q_{INF,n}$ [W]は、	
$Q_{INF,n} = C_p \cdot V_{INF,n} (\theta_{O,n} - \theta_{i,n}) \dots (5)$	
室間換気負荷 $Q_{AIR,n}$ [W]は、	
$Q_{AIR,n} = \sum_j C_p \cdot V_{j,n} (\theta_{j,n} - \theta_{i,n}) \dots (6)$	
内部発熱熱負荷 $Q_{IH,n}$ [W]は、	
$Q_{IH,n} = \sum_l Q_{IH,l,n} \dots (7)$	

【記号】 C_i ：室*i*の熱容量(空気熱容量と家具類の瞬時吸熱成分の和)[J/K]、 $(d_i/dt)_n$ ：室*i*の室温微分値[K/sec]、 $K_{W0,k}$ 、 $K_{Wi,k}$ 、 $F_{W,k,n}$ ：温度既知の室外側*k*との壁体負荷に関わる係数[W/K]と定数項[W]、 $\theta_{Oe,k,n}$ ：室外側*k*の相当温度[K]、 $\theta_{i,n}$ ：室*i*の室温[K]、 $K_{IW0,j}$ 、 K_{IWj} 、 $F_{IWj,n}$ ：室温未知の隣室*j*との内壁負荷に関わる係数[W/K]と定数項[W]、 K_F 、 $F_{F,n}$ ：家具類や室外側が自室温に等しい内壁負荷に関わる係数[W/K]と定数項[W]、 C_p ：空気の比熱[J/gK]、密度[g/lit]、 $V_{INF,n}$ ：隙間風量[lit/sec]、 $\theta_{O,n}$ ：外気温[K]、 $V_{j,n}$ ：室*j*との室間換気風量[lit/sec]、 $Q_{IH,l,n}$ ：内部発熱要素*l*の発熱量[W]、 $V_{D,n}$ ：空調吹出風量[lit/sec]、 $\theta_{D,n}$ ：空調吹出空気温度[K]、 $V_{OA,n}$ ：外気取入量[lit/sec]、 $V_{REj,n}$ ：室*j*のリターン空気のうち室*i*に供給される風量[lit/sec]、 $Q_{SYS,n}$ ：空調システム処理熱量(室*i*の吹出空気に与える熱量)[W]

室温応答を詳細に把握できるようになる。室顕熱平衡式に関係する、空調供給熱量は、表1の式～のような表現が考えられる。は冷温風吹出しによる供給熱、は、例えば、換気のみシーズンの場合の表現で、 $Q_{sys,n}$ はファン発熱などを意味する。は、放射パネルやコンベクターなどの対流放熱である。換気のみ

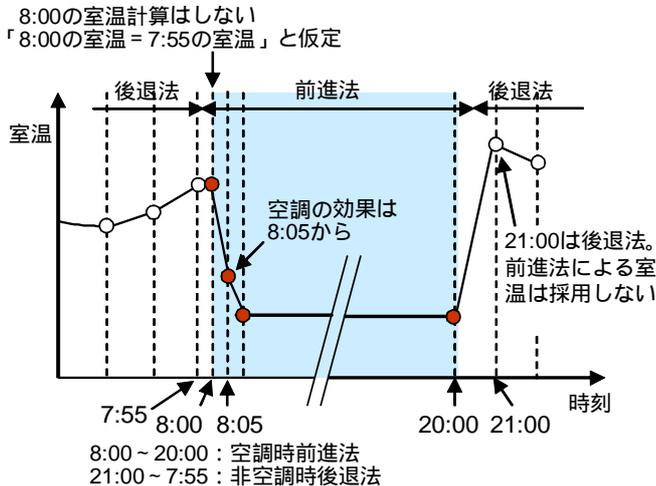


図1 建物側計算法の切り換え例

表2 壁面からの熱負荷の計算法

壁面からの熱負荷
伝達関数を用いて、壁面からの熱負荷 $Q(s)$ の式を示す。 $Q(s)$ は、熱取得 $HG(s)$ および熱取得に対する熱負荷応答に関する室伝達関数 $W(s)$ を用いて、次式で表される。
$Q(s)=HG(s) \cdot W(s)$... (1)
$HG(s)$ は、室内側相当温度 $re(s)$ 、室外側相当温度 $oe(s)$ 、室内側表面の吸収放射熱 $RI(s)$ とすると、次式で表される。
$HG(s)=T_0(s) \cdot oe(s) - A_0(s) \cdot re(s) + RI(s)$... (2)
ただし、 $re(s)=r(s) + RI(s)/h_i$... (3)
外壁の場合、
$oe(s)=o(s) + (I(s) - RN(s))/h_{to}$... (4-1)
室温未知の隣室の場合、
$oe(s)=ro(s) + RO(s)/h_{to}$... (4-2)
式(1)~(3)より、
$Q(s)=T(s) \cdot oe(s) - A(s) \cdot r(s) + R(s)RI(s)$... (5)
ただし、 $T(s)=T_0(s)W(s)$... (6-1)
$A(s)=A_0(s)W(s)$... (6-2)
$R(s)=W(s) - A(s)/h_i$... (6-3)

室内表面温度
室内表面温度 $s[k]$ は、表面からの熱負荷 $q[W/m^2]$ と室内側対流熱伝達率 $h_c[W/m^2K]$ より求める。

$$s=q/h_c \quad \dots (7)$$

【記号】 h_r, h_{to} : 室内側、室外側総合熱伝達率、 o_n, r_n : 外気温、室温、隣室温、 I : 室外側表面の吸収日射量、 RN : 室外側表面の吸収夜間放射量、 RO : 隣室側表面の吸収放射量(日射熱、内部発熱のほか、隣室周壁温と隣室温の差に起因する放射熱も含む。周壁温度差は、便宜的に前時間ステップの値を使用)、 $T_0(s)$: 貫流、吸熱熱取得応答に関する壁体伝達関数、 $A_0(s)$ 、 $A(s)$ 、 $R(s)$: 貫流、吸熱、表面吸収放射熱の熱負荷応答に関する壁体伝達関数

のシーズンに、システム側に制御の働く要素がなければ、の表現を利用し、後退法により解くことができ、計算時間間隔を短くする必要がなくなる。この方法については、現在検討中である。

室内湿度は、室温を未知数とする各室について、同じく未知数として扱う。顕熱と同様に、前進法と後退法を使い分けて多数室潜熱熱平衡式を解く。

前進法と後退法の切り換え部分を、どのように扱うかが問題となる。図1は、切り換え例を示したものである。7:55まで後退法の計算を行うとすると、7:55の室温は後退法で計算される。8:00に前進法に切り換えられると、8:00の室温は既知でなければならぬため、便宜的に8:00の室温は7:55の室温に等しいと仮定するものとする。この仮定による誤差を小さくするためには、前進法への切り換え直前の計算時間間隔を短くする必要がある。20:00まで前進法の計算を行うとすると、20:00には次ステップである21:00の室温が計算されるが、この室温は使用せず、21:00に行う後退法による室温を採用する。前進法での計算時間間隔の適切な設定法は、今後検討が必要である。

3. 各部熱計算法

壁体、窓の計算法を詳述し、次にその他の部分の熱計算法、温熱環境指標の計算法を述べる。

壁体伝熱計算法は、計算時間間隔可変に対応できる項別公比法を利用する。表面温度は未知数としないこととし、室熱取得に対する室熱負荷応答 W を利用して、対流・放射を近似的に分離する方法とした。将来、壁面流の計算を組込むことを計画しているため、室温が得られた後に室内各面の表面温度を計算できるように

表3 壁体の熱取得から熱負荷への変換法

熱取得に対する熱負荷応答に関する室伝達関数 $W(s)$ は、室内各面の放射吸収係数が表面積比に等しく、対流・放射熱伝達率が壁面によらず同一値と仮定すると、室を構成する壁面の吸熱熱取得 $A_{0i}(s)$ から、次式により得られる文献¹⁾。

$$W(s)=h_c \cdot A_{wt} / (h_c \cdot A_{wt} + h_r \cdot \sum_i A_{wi} (A_{0i}(s)/h_i)) \quad \dots (1)$$

$$\text{ただし、} A_{wt} = \sum_i A_{wi} \quad \dots (2)$$

貫流、吸熱、室内側表面吸収放射熱の熱負荷に関する壁体伝達関数 $T(s)$ 、 $A(s)$ 、 $R(s)$ を固定根 k を用いて近似する。すなわち、 $T(s)$ の場合、

$$T(s)=W(s) \cdot T_0(s)=A_0 + \sum_{k=1}^{k0} A_k \cdot s / (s + k) \quad \dots (3)$$

とおく。上式において、 $s = k$ ($k=1, \dots, k0$)での局所適合を条件として連立方程式を解き、 A_k を求める文献²⁾。今回、 k として、次の5つの値を使用した文献³⁾。

$$k=\{0.014, 0.058, 0.24, 1.0, 4.2\} [\times 10^{-3} 1/\text{sec}] \dots (4)$$

【記号】 h_c, h_r, h_i : 室内側対流、放射、総合熱伝達率、 A_{wt} : 合計室内表面積、 A_{wi} : 壁体 i の室内側表面積、 A_{0i} : 壁体 i の吸熱熱取得に関する伝達関数、 $k0$: 根の数、 k : 根、 A_0, A_k : ステップ応答の係数、その他の記号は表2参照。

した。すなわち、透過日射や内部発熱放射成分は、指定された面に吸収されるものとして、面ごとに遅れて生じる対流放熱、すなわち熱負荷を計算する。表2に、壁面からの熱負荷の計算式をまとめた。式(4-2)に示すように、隣室側の面に吸収される放射熱の影響も考慮する。式を整理すると、壁面(窓面を除く)からの熱負荷は、式(5)のように表され、Wを用いて変換した熱負荷応答に関する壁体伝達関数を使用すればよいことがわかる。具体的な変換は、表3に示す松尾の方法^{1), 2)}を利用した。熱負荷応答に関する壁体伝達関数を近似的に求める際に、今回は固定5根³⁾を使用した。今後は、壁体ごとに変動2根により近似する方法⁴⁾に変更する予定である。表4には、項別公比法による時間間隔可変の計算法を示した。文献5)の二等辺三角波励振に対する項別公比法に対して、図2に示すような不等辺三角波励振を想定したときの式を導き利用した。家具類に関しては、文献6)の

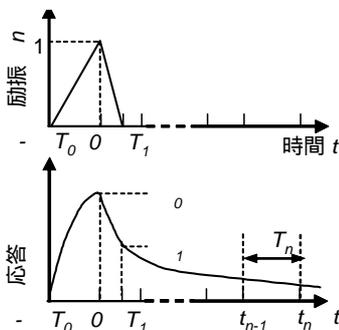


図2 不等辺三角波励振に対する応答

オフィス家具類の吸熱応答を利用する。家具類の表面積を適当に仮定し、室熱取得に対する熱負荷応答への家具類の影響も考慮するようにした。

窓面からの熱取得は、表5の式(1)に示

表4 項別公比法による時間間隔可変の計算法

項別公比法^{文献5)}を計算時間間隔可変に対応するよう変更して利用する。まず、不等辺三角波励振に対する応答(図2)を、時系列 ${}_n$ ($n=0, 1, \dots$)で表すと、次式となる。

$${}_0 = A_0 + \sum_{k=1}^{k_0} X_{k,0} \quad \dots(1-1)$$

$${}_l = \sum_{k=l}^{k_0} Z_{k,l} = \sum_{k=l}^{k_0} (R_{k,l} \cdot X_{k,0} - X_{k,l}) \quad \dots(1-2)$$

$${}_n (n \geq 2) = \sum_{k=l}^{k_0} Z_{k,n} = \sum_{k=l}^{k_0} R_{k,n} \cdot Z_{k,n-1} \quad \dots(1-3)$$

$$\text{ただし、} R_{k,n} = e^{-k \cdot T_n} \quad \dots(2)$$

$$X_{k,n} = \{A_k / (k \cdot T_n)\} (1 - R_{k,n}) \quad \dots(3)$$

任意の外乱変動の時系列 ${}_n$ が与えられる場合、時間ステップ n での応答 q_n は、次式で表される。

$$q_n = {}_{0,n} + \sum_{k=1}^{k_0} Z_{k,n} \quad \dots(4)$$

$${}_{0,n} = A_0 + \sum_{k=1}^{k_0} X_{k,n} \quad \dots(5)$$

$$Z_{k,n} = R_{k,n} \cdot Z_{k,n-1} + (R_{k,n} \cdot X_{k,n-1} - X_{k,n}) \quad \dots(6)$$

$$\text{ただし、} Z_{k,l} = (R_{k,l} \cdot X_{k,0} - X_{k,l}) \quad \dots(7)$$

【記号】 T_n : 時間ステップ n と $n-1$ との時間差[sec]、 $R_{k,n}$: 項別公比、 $Z_{k,n}$: 過渡項、 $X_{k,n}$: 項別公比法係数、 ${}_{0,n}$: 不等辺三角波励振の時間0での値

すように、窓透過日射を含めず、貫流熱取得、室内側表面に吸収される放射熱(内部発熱放射成分など)による熱取得、日射熱取得の対流・長波放射成分の合計として表す。熱取得から熱負荷を求める際には、表2の式(1)を使用する。壁体伝熱計算と同様に、項別公比法を用いて計算する。このように窓面からの熱負荷を計算することで、表2の式(7)を使用して、窓表面温度を求めることが可能となる。窓透過日射は、床・家具面に吸収されるものと仮定した。日射熱取得の各成分は、表5に示すように、日射熱取得率と透過率、長波放射成分係数を用いて計算する。現在、計算可能な窓は、一般窓とエアフローウィンドウ(AFW)である。窓の熱性能値は、データベース化された一般窓の値を用いて、日射遮蔽性能値の場合は入射角の違いを、熱貫流率の場合は必要に応じて中空層の熱抵抗の違いを補正し、AFWに対してはさらに窓通気量による補正を行う。この補正法を表6に示す。AFWの窓通気量補正法として、表6の式(6)、(7)、(9)を今回新たに提案した。現在、ブラインドスラット角は45°のみを対象としているが、今後窓熱性能値の計算法を改良することにより、スラット角度の違いにも対応可能とする予定である。外部日除けは、水平ルーバ、垂直ルーバの計算が可能であり、隣棟の影響は、対象窓の地上高さ、隣棟までの距離と隣棟高さを入力して考慮する方法を現在使用している。

隙間風は、換気回数法と外壁面積法¹⁰⁾を利用して計算する。ゾーン間換気量は、ゾーン間境界長さ

表5 窓面からの熱負荷と日射熱取得の計算法

窓面からの熱負荷

窓面からの熱負荷は、熱取得を求めた上で、表2の式(1)をもとに計算する。熱取得 $HG[W/m^2]$ を、外気温 ${}_{o}$ []、室温 ${}_{r}$ []、室外側表面の吸収夜間放射量 $RN[W/m^2]$ 、室内側表面の吸収放射量 $RI[W/m^2]$ 、日射熱取得の対流・長波放射成分 $HG_{SR,C+LR}[W/m^2]$ を用いて次式で表す。

$$HG = U({}_{o} - RN/h_o - {}_{r}) + RI(1 - U/h_r) + HG_{SR,C+LR} \quad \dots(1)$$

【記号】 U : 窓熱貫流率 $[W/m^2K]$ 、 h_r 、 h_o : 室内側、室外側総合熱伝達率 $[W/m^2K]$

日射熱取得

日射熱取得 $HG_{SR}[W/m^2]$ の短波放射成分 $HG_{SR,SR}$ 、長波放射成分 $HG_{SR,LR}$ 、対流成分 $HG_{SR,C}[W/m^2]$ は、次式より求められる。

$$HG_{SR,SR} = I_D \cdot {}_{D} + I_S \cdot {}_{SKY} + I_G \cdot {}_{GR} \quad \dots(2)$$

$$HG_{SR,LR} = k_{LR}(HG_{SR} - HG_{SR,SR}) \quad \dots(3)$$

$$HG_{SR,C} = I_D \cdot {}_{D} + I_S \cdot {}_{SKY} + I_G \cdot {}_{GR} \quad \dots(4)$$

$$HG_C = HG_{SR} - HG_{SR,SR} - HG_{SR,LR} \quad \dots(5)$$

【記号】 I_D 、 I_S 、 I_G : 窓面の直達、天空、地表面反射日射量 $[W/m^2]$ 、 ${}_{D}$ 、 ${}_{SKY}$ 、 ${}_{GR}$: 直達、天空、地表面反射日射に対する透過率[-]、 k_{LR} : 長波放射成分係数[-]、 ${}_{D}$ 、 ${}_{SKY}$ 、 ${}_{GR}$: 直達、天空、地表面反射日射に対する日射熱取得率[-]

長さ当たり風量を入力する方法である。

人体発熱負荷は、Two-Nodeモデルの簡易モデルを利用して対流、放射、潜熱放熱比率を決める方法とした¹¹⁾。入力値の代謝量、着衣量、仮定値の気流速度（現在0.2m/sec）、前時間ステップの作用温度と湿度から、放熱量各成分を計算する。照明発熱、機器発熱は、最大ワット数や最大顕熱・潜熱放熱量を入力する。在室率、照明点灯率、機器使用率などは、任意の時刻のスケジュール値入力が可能で、入力値をもとに、各時間ステップの値を直線補間して求める。

室やシステムの熱平衡状態が得られた後、温熱環境指標の計算を行う。PMVを求めるとし、MRTの代わりに各ゾーンのASTを用いて計算する。

4. 今後の課題

表6 窓熱性能値の計算法

日射遮蔽性能値	
一般窓の直達日射に対する日射熱取得率 D_D と透過率 D_D は、データベース化された基準入射条件での値、 D_D に対して、次式より入射角特性の補正を行う。天空、地表面反射日射に対する値は、今回はデータベースした値（垂直窓用）を利用した。	
$D_D = f(i) \dots (1)$	$f(i) = \sum_{n=1}^5 A_n \cdot \cos^n i \dots (2)$
$D_D = g(i) \dots (3)$	$g(i) = \sum_{n=1}^5 B_n \cdot \cos^n i \dots (4)$
AFWの直達、天空、地表面反射日射に対する日射熱取得率は、ガラス・ブラインド仕様が同じ一般窓の値を補正して求める。透過率、長波放射成分係数は、ガラス・ブラインド仕様が同じ一般窓の値と等しい。	
$\dots (5)$	$\dots (6)$
	$r = C_0 + C_1 \cdot e^{-1 \cdot V} + C_2 \cdot e^{-2 \cdot V} \dots (7)$

熱貫流率

一般窓の熱貫流率と長波放射成分係数はデータベースの値を取得する。中空層厚さや封入ガス種類が異なる場合は、熱貫流率を補正する。AFWの場合、ガラス・ブラインド仕様が同じ一般窓の値を補正して求める。

$$U = U_0 + U_1 \dots (8)$$

ただし、 $U = D_0 + D_1 \cdot e^{-1 \cdot V} + D_2 \cdot e^{-2 \cdot V} \dots (9)$

【記号】 f, g : 基準化日射熱取得率、基準化透過率[-]、 i : 日射入射角、 A_n, B_n : 近似式係数、 C_0, C_1, C_2 : ガラス・ブラインド仕様が同じ一般窓の日射熱取得率、透過率[-]、 D_0, D_1, D_2 : 窓通気量の違いによる日射熱取得率の補正值[-]、 r : 窓通気量の違いによる補正係数[-]、 V : 窓通気量[lit/sec m²]、 $C_0, C_1, C_2, D_0, D_1, D_2$: 近似式係数、 U : ガラス・ブラインド仕様が同じ一般窓の熱貫流率[W/m²K]、 U_0, U_1 : 窓通気量の違いによる熱貫流率の補正值[W/m²K]、 D_0, D_1, D_2 : 近似式係数

【注】1) A_n, B_n は、今回は文献8)の値を使用。2) 表中の式(7)、(9)の係数は、文献9)のガラス種を対象に次の値を使用。ブラインド開のとき、 $C_0, C_1, C_2 = -0.51, 0.255, 0.255$ 、 $D_0, D_1, D_2 = 0.425, 0.088, 0.088$ 、ブラインド閉のとき、 $C_0, C_1, C_2 = -0.86, 0.34, 0.52$ 、 $D_0, D_1, D_2 = 0.247, 0.032$ 。ブラインド開のとき、 $D_0, D_1, D_2 = -1.6, 0.64, 0.96$ 、 $D_0, D_1, D_2 = 0.382, 0.062$ 、ブラインド閉のとき、 $D_0, D_1, D_2 = -1.9, 0.76, 1.14$ 、 $D_0, D_1, D_2 = 0.232, 0.072$

今後の課題として、まず、計算時間間隔可変という特徴のメリットを活かす工夫が挙げられる。システム側との連成計算時の最適な計算時間間隔設定法の検討、壁体の貫流熱と吸熱とで異なる計算時間間隔を使用することや建物側がシステム側と異なる計算時間間隔を使用することの検討などが必要であると考えている。また、壁面流や噴流の影響を考慮するブロックモデルを組み込み、上下温度分布の評価を可能にすることを、今後の目標としている。これらとは別に、壁体計算部分における変動2根利用への変更、窓熱性能値計算部分におけるブランド使用時のプロファイル角の影響考慮とスラット角が異なる場合の補正法の追加、照明・機器の発熱特性データの収集整理を初め、各計算部分における検討・改良も予定している。

5. 結

計算時間間隔可変で、前進法、後退法の2種類の解法を切替える熱負荷、室内環境の計算法を示した。

【謝辞】本報は、(財)建築環境・省エネルギー機構内に設置された産官学連携による環境負荷削減のための建築物の総合的なエネルギー消費量算出ツール開発に関する「BEST 開発普及事業研究会(村上周三委員長)」ならびにアーキテクチャ検討部会(坂本雄三部会長) 建築・空調設備作業部会(石野久彌部会長) クラス構想WG(石野久彌主査)の活動成果の一部であり、関係各位に謝意を表するものである。クラス構想WG名簿(順不同)主査: 石野久彌(首都大学東京) 委員: 一ノ瀬雅之(東京理科大学) 内海康雄(宮城高専) 郡公子(宇都宮大学) 長井達夫(東京理科大学) 羽山広文(北海道大学) 木下泰斗(日本板硝子) 後藤裕(三機工業) 菰田英晴(鹿島建設) 坂本滋(大林組) 芝原崇慶(竹中工務店) 松村一誠(清水建設) 安友哲志(三晃空調) 渡邊剛(NTT ファシリティーズ) 協力委員: 菅長正光(自営) 二宮博史、國吉敬司、篠原奈緒子(以上、日建設計) オブザーバー: 野原文男(日建設計) 事務局: 生稲清久(建築環境・省エネルギー機構)

【文献】

- 1) 松尾: 空調負荷計算におけるふく射熱の取扱い、空調調和・衛生工学 pp.5-11、Vol.59、No.4、1985.4
- 2) 松尾: 建物伝熱の近似解法とその応用、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.133-134、1971.11
- 3) 井上・石野・郡他: 壁体・室の近似伝熱解法の精度の検討、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.625-626、1987.10
- 4) 松尾: 伝達関数数値逆変換の一解法、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.513-514、1983.9
- 5) 松尾: 大量・迅速処理を目的とした畳込演算の近似解法、日本建築学会関東支部第41回学術研究発表会、1970
- 6) 石野・郡: 事務所建築における家具類の熱的影響に関する実測研究、日本建築学会計画系論文報告集 pp.59-66、No.372、1987.2
- 7) 郡・石野: 熱負荷計算のための窓熱性能値に関する研究、日本建築学会環境系論文集 No.600、pp.39-44、2006.2
- 8) 郡・石野他: 入射角特性を考慮した一般窓日射遮蔽性能値の実用的推定法 第1,2報、日本建築学会大会学術講演梗概集、2007.9
- 9) 建築環境・省エネルギー機構: H16 建築物の省エネルギー基準と計算の手引き、pp.39-44、2004.10
- 10) 早川・戸川里: 煙突効果と風力による容器量の予測 高層事務所建物の煙突効果の研究(その3)、日本建築学会計画系論文報告集 No.407、pp.47-55、1990.1
- 11) 石野・郡・佐藤: 人体 Two-Node Model の簡易化と応用に関する研究、日本建築学会計画系論報告文集 No.451、pp.67-74、1993.9
- 12) 空調調和・衛生工学会熱負荷シミュレーション装置容量小委員会: NewHASP/ACLD 操作マニュアル、2006.3