

熱回路網モデルによる室温変動のシミュレーションと実測値の比較

○正会員 奥山博康\* 同 森野仁夫\*\*

1. はじめに 建物の冷暖房に要するエネルギー計算をする場合、あるいはその制御を理論的に行なう場合に建物の熱挙動を数量的に把握できる数学モデルを作ることがまず前提となる。その数学モデルの1つに熱回路網のモデルが考えられる。全て数学モデルを作る際には実物を単純化すること仮定値の採用が行なわれるから、その数学モデルを使って行なわれるシミュレーションの計算結果は実測値と完全な一致をみないか通例のようであるが、かといってきわめてはずれていれば数学モデルとしての機能を果たさないことになる。当報告はある建物について実測を行なって得られた室温変動値とこの熱回路網モデルを作って行なったシミュレーションからの室温変動の計算値とを比較してその数学モデル化手法の妥当性の1つの検討を行なったものである。

2. 実測対象の建物と実測の概略 実測対象の建物は東京の相模にある清水建設PC工場事務棟である。建物は2階建てで延べ面積が400m<sup>2</sup>程度であり、構造はPC版、窓は2重ガラスで格子状のブリーズソレイエを持っている。測定量のうち日射量については2個の日射計を用い片方にシャドウリングを付けることによりそれぞれ水平面全天日射、水平面広散日射を測った。温度測定には外気温、室温ともC-Cの熱電対を用いた。風向風速および換気量は測定できなかった。なおこの報告に採用したデータは2月4日の休日のものであり、内部発熱量、人の出入りによる換気量の確定でない時変量を考慮しないで済むようにしたものである。

3. 数学モデル 計算対象とした熱回路網は、Fig. 2のようである。今回は2階の東側事務室一室のみをとりあげてモデル化した。そのため床版、間仕切を通じての熱流は断つてある。仮定した主な物性値はTable 1のようであり各壁体の離散化の程度は例えばFig. 3のようになっている。数式表現方法および時間積分の方法については文献1に述べてあるが実際に今回とった積分方法はクランク・ニコルソン・スキームであって文献1本論で述べたスペクトル分解を利用した積分法ではない。具体的には汎用性を持つ計算プログラムLOAD1を開発してあるのでこれを用いて計算した。LOAD1は一般の多数室において負荷計算や室温変動計算を空調学会方式の気象データにもとづいて行なうものであるが、時変係数問題や自然空調のように時を追って熱的な構造が変化するような問題にも対処し得る特長を持っている。

4. 計算方針 実測値と計算値のずれを生じる原因を次のように考える。

1) 単純化による。実物を数学モデルに置き換える

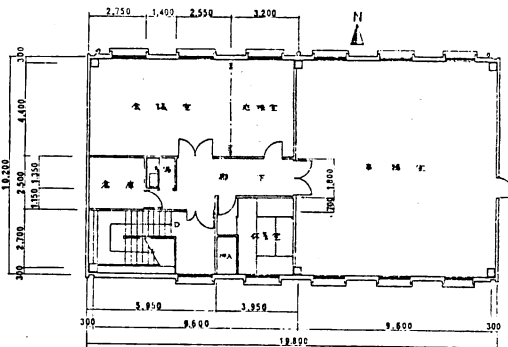


FIG. 1 2 F PLAN

S, W, N, E : DIRECTION VENT.

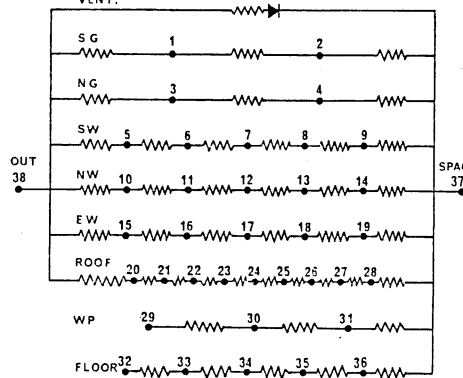


FIG. 2 THERMAL NETWORK

TABLE 1

	$\lambda$ kcal/ m h °c	$C_p$ kcal/ kg °c	$\gamma$ kg/ m <sup>3</sup>
CONCRETE	1.4	0.21	2200
INSULATION	0.03	0.32	30
PLASTER BOARD	0.12	0.26	740
GLASS	—	0.2	2540

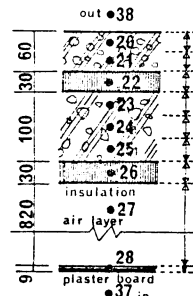


FIG. 3

際に実物の一部が考慮からはずされたりすることによる場合。例えば部材の空間的な不均一性、熱橋等。

ii) 仮定値による。モデルに使う物性値、定数等、実測によらず一般的な資料から引用するときそれらは仮定値であっても不適当な適用が行なわれればその原因となる。例えば熱伝達率、熱伝導率、熱容量、比熱、比重等。

iii) 係数変化による。実物の熱的構造が時間あるいは温度等によって変化するところをモデルが固定して扱っている場合。例えば風速の変化にともなう伝達率の変化等。

iv) 数学モデルの理論に起因する。この熱回路網のモデルの場合には離散化誤差が必ずともなう。また温度非線型性を扱えないモデルはそれによる誤差を持つ。あるいは時間積分の誤差等。

v) 測定装置あるいはその方法による。

こうしたことをふまえると実測して外部風向風速を測定しなかったことと多くの仮定値の中で熱伝達率の室温へ及ぼす影響が比較的大きいと考えられることから今回は外表面と内表面の総合熱伝達率 $\alpha_o, \alpha_i$ を変えた場合の計算を行なうことにした。

5. 結果 熱的な入力となる日射量はFig 4に、外気温はFig 5の下の方に描いてある。Fig 5には図中に示すように $\alpha_o$ と $\alpha_i$ を変えた3種のケースの計算による室温推移と実測による室温推移が描いてある。ケース1の場合が3つのうちで最もよい一致を示し実測値との差が平均で $0.4^{\circ}\text{C}$ 、最大で $0.8^{\circ}\text{C}$ ある。

6. 考察 以上のように $\alpha_o, \alpha_i$ を変化させてみても依然、実測値と計算値には時間的なずれが存在している。これは伝達率などの熱コンダクタンスの仮定値の影響だけではなくむしろ熱容量の仮定値あるいは日射、外気温の入力の扱いの単純化に起因すると思われる。このような多くのずれの要因を総合的に改良していくことによりある程度ずれを縮めることは出来ると思われるがその方法として単純な探索法では「たまたま」、より系統だった分析体系がまず必要と感ぜられる。またどうしても避けられない。4で述べたずれの要因はどれか必ず存在するから、ずれを縮めるにも限界がある。こうして次の結論に達した。

7. 結論 実物と実現象を完全に数学モデル化することは不可能である。また、もし実現象と計算値とのずれを縮めようとして複雑で精密な数学モデルを作り上げたとしてもそれが実用的に使えるかどうかは別問題であり、むしろ計算時間等の点からかえって非実用的になるのではないと思われる。大切なのは実測値に計算値を近づけることではなく、そのずれを定量的に把握することによる使用上次のような機能をもつ分析計算体系をつくることである。

- i) ある数学モデルを用いた負荷計算、制御用の計算がどれほどの危険率を持つかが知る。
- ii) 逆に上記の危険率内におさまるようにするためにどの程度、数学モデルを精密にすればよいか知る。

8. 文献 1. 「建築物の熱回路系における推移行列と射影分解による時間数値積分公式」

奥山博康、木村建一 昭53年7月 第269号

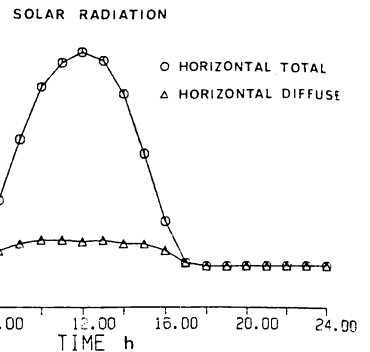


FIG. 4

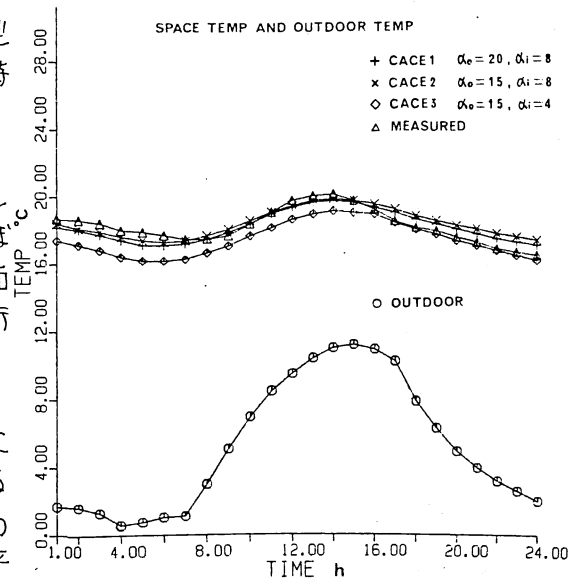


FIG. 5