

一般拡散システムの回路網による状態方程式とそのシステムパラメーターの同定理論
(その4: 建物の熱的性能の現場測定法への適用)

○正会員 奥山博康

1. はじめに 建物の熱的性能を現場測定により評価する技術は環境実験室などにおける測定評価に比べ、より実態に近い情報が得られ、経済的制約も少ないことなどにより重要である。しかし反面、実際の建物は気象条件などの変動により常に不規則な動的状態にあるから、測定データの解析理論が問題となってくる。今回は、本同定理論¹⁾によりこのための動的測定システムを作り、実験を行ったことについて報告するものである。

2. 測定システム 測定システムの概要を図1に示す。建物に作用する熱的入力として外気温、方位別日射量、電熱器入力量などと、状態量として各室の温度、部材表面温度などが逐次測定される。電熱器は室温に変化を与え同定を容易にするために用いる。すなわち気象上の入力だけでは可同定に関するランクの上昇^{1),12)}が遅いので、これを人為的に加速してやるためである。従ってこの制御については特に設計する必要はなくランダムでよい。今回はコンピューター制御は行わず、タイマーによる制御を行った。建物熱系の入力と状態量はある程度のサンプリング時間間隔ごとにデータロガーで集められ逐次パソコンに送られる。この間隔は1ステップの逐次同定解析が十分に行える程度のものとする。パソコンは逐次同定解析とともに測定データの記録も行う。データ処理ソフトの主な部分の言語はFORTRANであり、部分的にデータ取込みルーチン等はアセンブリである。実験期間終了後はフロッピディスクに記録された測定データをもとに一括同定や誤差分析を行う。解析部分の計算プログラムは前報³⁾の多数室換気測定システムにおけるものと同じである。たとえばガス濃度から温度の拡散系に変わっても、さらに拡散が移流だけでなく伝導、伝達や貫流による場合になっても一般的に適用できるのが本理論の1つの特長である。同定すべき拡張コンダクタンスのパラメーターについては任意のものに対称性 $c_{ij}=c_{ji}$ の拘束^{1),17)}を与えることができる。そして可同定性を満たすように既知パラメーターを与える限り、容量 m_{ij} 、自由入力係数 r_{ij} の任意のパラメーターも同定することができる。つまり保温性だけでなく動特性や日射取得性も評価できる。本理論を実用化するためには高次のマトリクス演算を高速で行える安価なパソコンが不可欠である。現在市場に出回っているものはなお若干不十分ではあるが、その著しい発達を見れば十分に期待が持てると考える。

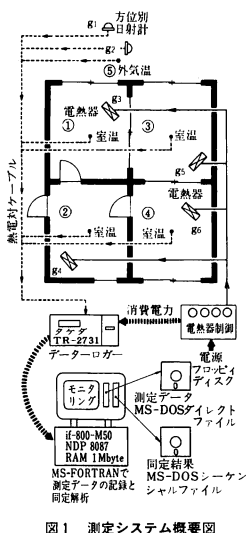


図1 測定システム概要図

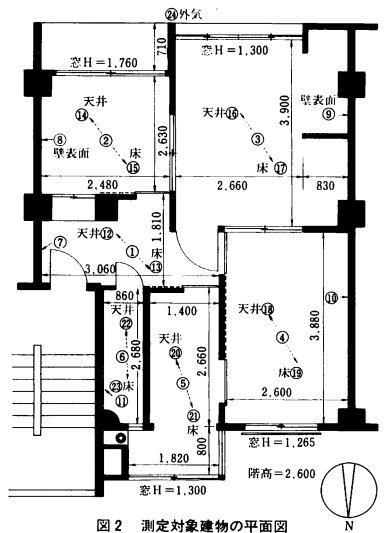


図2 測定対象建物の平面図

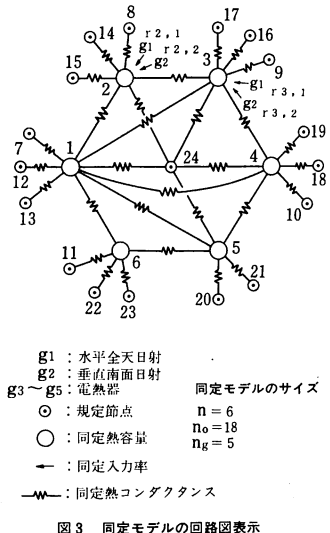
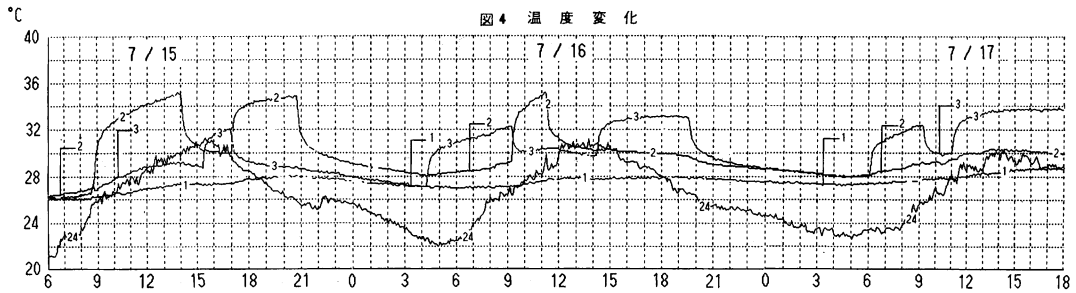


図3 同定モデルの回路図表示

State Equation of General Diffusion System Using Network Concepts and Theory of System Parameter Identification (Part IV: Application of the Theory to Measuring System for Thermal Performance of Buildings)



3. 実施例 実験は4階建のRCアパートで行った。測定した一戸の平面図を図2に示す。①～⑥は室温の測定点である。⑭は外気温である。そのほか各室で壁、天井、床の内表面温度を測定した。これらは⑦～⑳の測定点で表わす。いくつかの測定点の温度変化を図4に示す。室温は電熱器のオンオフによって典型的な変化曲線を描いている。自由入力量として g_1 (水平全日射量 $\text{kcal}/\text{m}^2\text{hr}$), g_2 (南面全日射量), g_3, g_4, g_5 (室②, ③, ④の電熱器入力 kW)も測定した。日射量の変化は図8に示す。以上のデータは5分間隔でサンプリングした。同定するための熱回路モデルを図3に示す。節点番号は測定点番号に一致している。このモデルの全パラメーターを同定することは可同定性の条件によりできない。いくつかのパラメーターはあらかじめ求めておく必要がある。そこで内表面温度と室温の熱コンダクタンスを前もって同定した。この評価関数としてこれらの熱コンダクタンスを仮りに与えた場合に同定される電熱器入力率と測定入力率の誤差の二乗和を定め、これを最小にするような上, 下, 水平方向の対流伝達率の最適値を求めた。これらはそれぞれ19.2, 4.8, 12.0 ($\text{kcal}/\text{m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$)であった。こうして表3に示す熱コンダクタンスを既知として、逐次同定と一括同定を60時間(720ステップ)分について行った。逐次同定は例えば図5～7のようになった。一括同定結果とその誤差分散は表1, 2, 4に示す。また残差分析によるCODは0.783であった。これらの結果によって②～④の室の熱容量は単なる空気だけのものではないことがわかる。日射熱の取得性も建築の形状から合理的である。また外気に対する各室の熱損失性能も把握できる。ただし隣戸への熱損失性能は測定点数の不足で評価できなかった。

4. 結論 今回の、建物の熱的性能評価における同定精度は、前報の多数室換気測定のものより非常に良好であった。今後はさらに種々の熱系で実験を積み重ねていくとともに、同定結果の利用についても考えていきたい。

〔参考文献〕

- 1) 奥山博康: 「一般拡散システムの回路網による状態方程式とそのシステムパラメーターの同定理論」建築学会論文報告集, 第344号, 昭和59年10月
- 2) 奥山博康: 「同(その2, 有限要素法によるシステムパラメーターの逆探問題への適用)」建築学会大会学術講演梗概集, 昭和59年10月, P.657
- 3) 奥山博康: 「同(その3, 多数室換気測定システムへの適用)」建築学会大会学術講演梗概集, 昭和60年10月, P.409 (清水建設技術研究所)

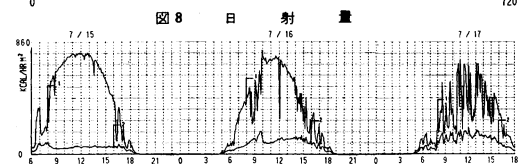
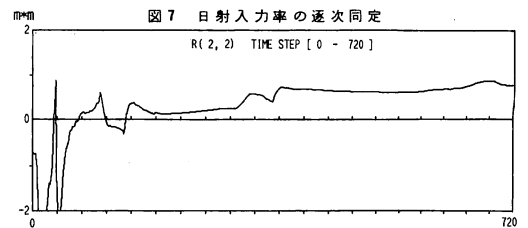
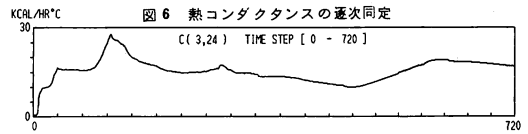
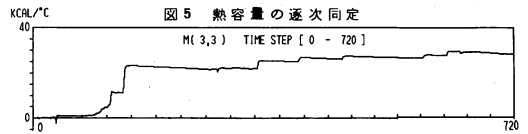


表1 一括同定による熱容量と誤差分散 $\text{kcal}/^\circ\text{C}$

m1,1	m2,2	m3,3	m4,4	m5,5	m6,6
1.02	18.15	29.44	33.04	2.34	2.05
1.375	0.620	2.029	1.335	2.623	1.430

表2 一括同定による熱コンダクタンスと誤差分散 $\text{kcal}/^\circ\text{C}\text{hr}$

C5,24	C2,24	C3,24	C4,24	C1,24	C4,5	C3,4
8.50	16.11	16.72	8.89	8.78	16.51	8.28
0.396	0.376	0.732	0.520	0.153	0.150	0.689
C1,4	C2,3	C1,3	C1,2	C1,5	C1,6	C5,6
5.00	23.56	4.95	8.21	15.60	8.32	25.20
0.351	0.421	0.414	0.263	0.894	0.796	0.978

表3 山登り法により同定された熱コンダクタンス $\text{kcal}/^\circ\text{C}\text{hr}$

C1,7	C1,12	C1,13	C2,8	C2,14	C2,15	C3,9
55.92	100.84	14.50	74.16	125.18	31.30	126.60
C3,16	C3,17	C4,10	C4,18	C4,19	C5,20	C5,12
180.29	45.07	121.08	176.64	44.16	77.42	17.86
C6,22	C6,23	C6,11				
39.94	9.98	83.76				

表4 一括同定による日射入力率と誤差分散

m^2/m^2	r2,1	r2,2	r3,1	r3,2
-0.044	0.760	0.144	0.470	
0.0010	0.0119	0.0021	0.0259	

添字の意味は
1)のP.105参照