

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3:多数室換気測定システムへの適用)

正会員 奥山博康

1. はじめに ²⁾既報では熱伝導の有限要素モデルにおけるシステムパラメーターの逆探問題に著者の同定理論¹⁾を適用し成功したことを述べた。本梗概では、この理論にもとづき、多数室間及び外気との隙間風の換気風量を測定するシステムを製作し、実験を行ったところ良好な結果を得たので報告する。

2. 測定システム 多数室換気測定システムの構成を図1に示す。パソコンのCPU-1は、(a)トレーサーガスを注入する室番号をスケジュールまたは乱数選択によって決めて電磁弁を開閉する、(b)トレーサーガスの注入流量をスケジュールまたは乱数選択によって決めてマスフローコントローラーを制御する、(c)ガスサンプリングする室番号をスケジュールによって決めて電磁弁を開閉する、(d)ガス濃度とその室番号、注入流量とその室番号のデータ採ってCPU-2へ送る、などを行う。1つの室について分析計で濃度の観測値を得るには、センスディスプレイやチューブ内の前回のガスを抜き去るために要する時間などから約1分かかる。従ってCPU-2は、(e)全室の同時的な濃度データとするために時間的前後の補間計算をする、(f)これらの濃度と注入流量などのデータを逐次、フロッピィに記録するとともにCPU-3へ送る、などを行う。CPU-3は、(g)逐次に送られてくる観測データに対し、リアルタイムで逐次同定を実行し、解析結果はフロッピィに記録するとともに、適当な時間間隔でプリンターにも出力する、などを行う。なおトレーサーガスのサンプリングは外気についても室と同様に行う。ところで測定をする建物は様々な間取りと室数を持つ。実用的な測定システムとなるためには、このような測定対象の多様性に対して容易に対応できるものでなければならない。すなわち、あらゆる測定対象に対して同定のソフトは汎用的にかつ自動的に数学モデルを組み上げる機能を持たなければならない。

これは本回路網の概念とその定式化法によって実現される。なおハードウェアなどよりも重要な技術的手段となる同定理論については既報¹⁾を参照されたい。

3. 実施例 ^{写真2}2階建木造住宅において実験を行った。図8は平面図を示す。数学モデル上定義した室番号は○で囲んで示す。特に⑧は2階へ通じる階段室であり、⑩は外気を表わす。測定装置は台所に設置し、^{写真1}接する室①との扉は密閉した。この台所は図から省いている。測定中は外気に面する窓、戸はもちろん、室間の襖も全て通常の閉めた状態とした。押入の戸は取り去った。各室のサンプリングガスは室内6ヶ所から均等に吸入し分岐管で混合したものを測定した。トレーサーガス注入のチューブ先端では10×10 cm程度のファンで攪拌した。注入はスケジュールで行った。同定解析上



写真1. 測定装置設置状況

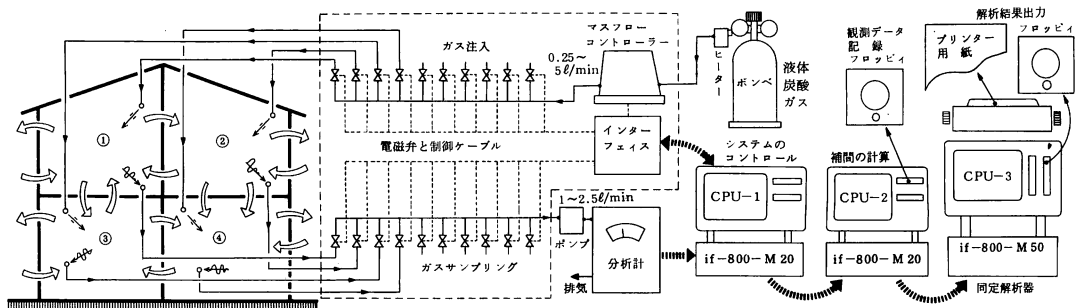


図1. 多数室換気測定システムの構成

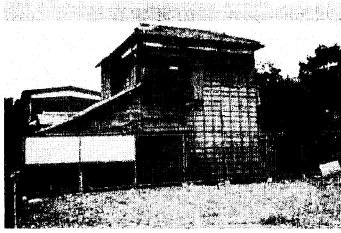


写真2. 測定した2階建木造住宅

の既知パラメーターとしたのは各室の容積(容量 m^3)と注入ガスの濃度(入力率 r_{ij})である。(d)でのデータ採集は1分の時間間隔で行い、(g)での解析もこれを1タイムステップとして行った。例えば室③と⑧についてトレーサガスの注入流量の時間変化はそれぞれ図2と3である。またこれらの室のガス濃度変化は図4と5である。ガス濃度は、10分おきの測定値をもとに、この間は補間しているので、実際の変化に十分に合っていないことが推測される。図6と7はそれぞれ室⑥から外気へと、外気から室⑥への風量の逐次同定の結果である。はじめの1時間ほどはグラフの範囲からはずれたりしているが、しだいに安定してくる。一方、一括同定の結果は図8に示す。これは最初の260タイムステップ全ての観測データをもとにCPU-2とCPU-3でパッチ処理したものである。またこの一括同定において COD は 0.260 であった。さらに観測方程式の残差によって風量の推定誤差分散を分析し表3に示す。ここに (i, j) は室 j から室 i への風量の推定誤差分散を表わす。実際の風量の時間変動が大きいとすれば、これはその変動分散とも考えられる。

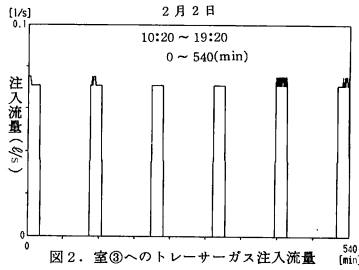


図2. 室③へのトレーサガス注入流量

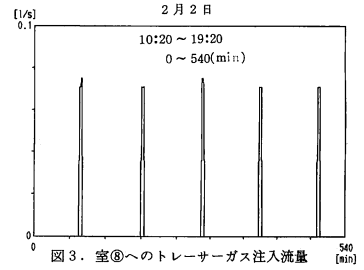


図3. 室⑧へのトレーサガス注入流量

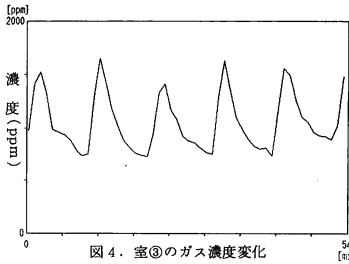


図4. 室③のガス濃度変化

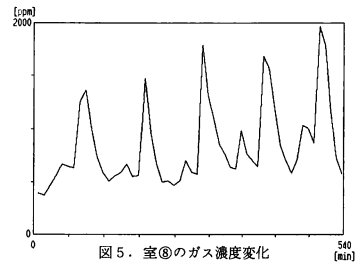


図5. 室⑧のガス濃度変化

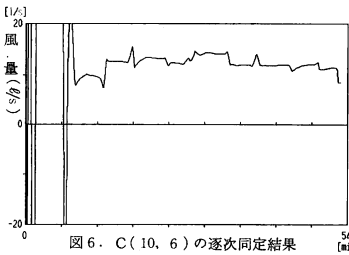


図6. C(10, 6)の逐次同定結果

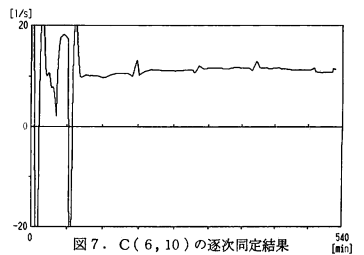


図7. C(6, 10)の逐次同定結果

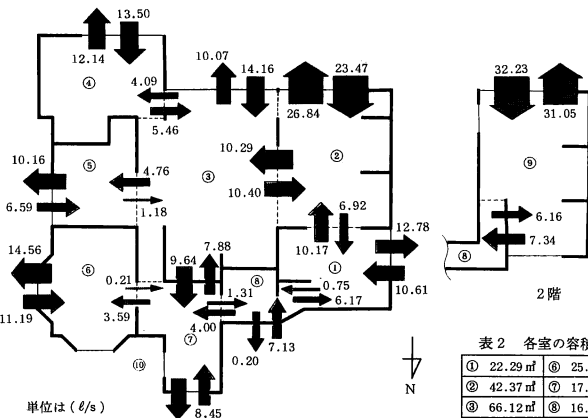


図8. 一括同定の結果

表1 平均室温($^{\circ}C$)

①	6.71
②	7.84
③	7.59
④	7.83
⑤	8.46
⑥	8.54
⑦	6.49
⑧	6.58
⑨	13.08
⑩	8.64

風向：北北東
風速：2.17 m/s

表2 各室の容積

①	22.29 m^3	⑤	25.45 m^3
②	42.37 m^3	⑥	17.14 m^3
③	66.12 m^3	⑦	16.43 m^3
④	31.86 m^3	⑧	46.15 m^3
⑥	20.79 m^3		

表3 風量の推定誤差分散 δc^2 l^2/s^2

10, 9	10, 2	10, 3	10, 4	10, 5	10, 6	10, 7	10, 8	10, 1	9, 10	9, 8	8, 10	8, 9	8, 7	8, 1	7, 10	7, 8	7, 6
39.18	22.72	18.54	13.33	11.56	17.86	35.25	49.15	24.23	8.83	9.80	8.13	26.78	13.23	7.53	3.86	20.38	14.09
7, 3	6, 10	6, 7	5, 10	5, 3	4, 10	4, 3	3, 10	3, 7	3, 5	3, 4	3, 2	2, 10	2, 3	2, 1	1, 10	1, 8	1, 2
5.76	2.44	2.67	1.15	1.85	1.94	2.37	4.22	13.18	9.18	9.56	12.60	2.45	2.14	4.55	3.75	11.95	6.57

4. 結論 今回の実験により、本同定理論は多数室換気測定システムに応用した場合にも十分に実用になる確信を得た。しかしハード面については、濃度測定機能と測定システムの使い易さの点で、今後開発すべきことが上げられる。それらは、(1)濃度多点同時測定を高速で行えるようにする、(2)現場測定に適したコンパクトで軽量のシステムにする、などである。本同定理論をもし熱系に適用する場合にはこれらのことは容易に達成される。〔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 (清水建設技術研究所)