

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5:多数室換気測定システムの検証実験)

キーワード: 熱回路網 システム同定理論 換気測定法

正会員 奥山 博康

1 はじめに 室相互あるいは室と外気の換気風量の直接的な測定は困難であることから、トレーサーガス濃度変化の測定から間接的に推定しようとする方法が種々研究されているが、多数室においてはガス濃度が室数分しか得られないのに対し、推定したい風量の個数が圧倒的に多いことが1つの困難となってくる。このため複数種類のトレーサーガスを用いる方法も研究されているが、本研究ではシステム同定理論²⁾にもとづく1種類のガスを使う方法を提案しており、測定システムも試作し、実在建物での実験を行い理論の実用性も確かめて来た。⁴⁾また理論そのものは数値実験によって検証している。³⁾しかし測定システムのハードウェア上の制約からくる誤差や数学モデルの前提と実現象の差異からくる誤差などを把握する実験はしていなかった。この度スウェーデン国立建築研究所にてその一部の実験をする機会を得たので、ここに結果の概要を報告する。

2 実験施設 当国立建築研究所はストックホルムの北約150kmのイエーブレにある。その建築気候と設備の研究部においては、風洞実験施設を用いて風が換気に及ぼす影響を調べたり、移動計測車によって建物外部の局所気候を調査したり、またサーマルマネキン等を使い建物内部の物理的環境が人体に与える影響などの研究も行っているが、換気についての研究も重要な部分を占め、大きな実験室ホールの中に実物大のテストハウスがつくられ、室間の空気の流れ等に関する実験が行われている。¹⁾写真-1はテストハウスの全景を示す。著者は'88年1月から同年5月まで当地に滞在し、テストハウスに若干の改造を加えた上で本実験に取り組んだ。

3 実験方法 図-1にテストハウスの平面図を示す。このうちの2室だけを使用し最も単純な測定対象とした。この場合、換気風量を模擬するために6本のダクトが必要になるが、全てに送風機を付けると室内圧の微妙な制御が必要になるため、外気に向かう2本だけ送風機のない大きな径のダクトとし、室内圧が僅かに実験室ホールよりも高くなるようにして、外部からの侵入空気を防ぐように工夫した。各々のダクトの風量を直接的に測り、本測定法の誤差を評価するための基準値としなければならないが、大きな径のダクトにおいては直接的な測定が困難なため、この2つのダクトについては各室での風量収支から算出するものとした。ダクト風量測定はバンド型の差圧測定によった。⁵⁾各室には直径約20cmの扇風機を2台ずつ置き拡げるとともに、ダクトの出入口が近くてショートカットのおそれがあるところは、さらに蛇腹ダクトを延長し、それらを遠避けた。炭酸ガス注入のスケジュールについては、分析計の測定範囲を越えないように、また注入サイクルの周期があまりに短か過ぎると同定がうまくいかないことなどを考慮して定めた。

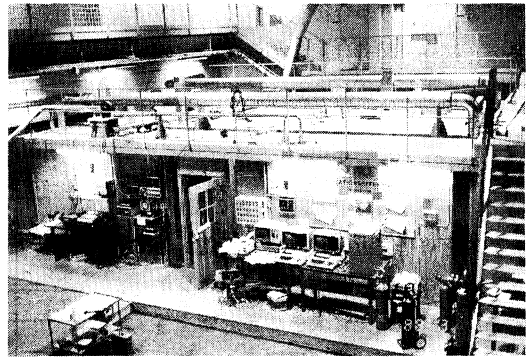


写真-1 テストハウスと実験の全景

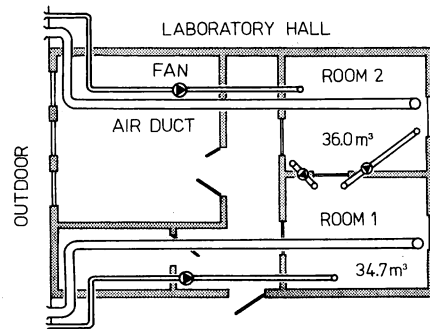


図-1 テストハウス平面図とダクト配置

State Equation of General Diffusion System Using Network Concepts
and Theory of System Parameter Identification
(V:Verificational Test of Multi-cell Air Flow Measurement System)

44 | 4

OKUYAMA Hiroyasu

4 結果 注入スケジュールは1時間周期としたが約5時間の実行結果を図-4、図-5に示す。これによる各室の濃度変化は図-2、図-3に示す。外気は室番号3として表されるが、ほぼ300 ppm一定であった。各種パラメータの記号定義などは既報²⁾の通りであるが、

推定したのは有効拡散容積とも言うべき m_{ij} (lit)と、風量 c_{ij} (lit/sec)である。一括同定の結果を図-8に示す。()の中の数値は正解となる直接測定値である。室相互間の風量は小さめに、外気との風量は大きめに推定される傾向が見られるが、誤差の大きいところで約20%程度ある。これらの誤差を残差分析²⁾によって推定した結果を表-1に示す。パラメータ間の誤差の大小関係の推定が良好でないことがわかる。理論の間違いかどうか今後検討する必要がある。図-6、図-7は風量の逐次同定の結果であるが、これらから約1時間で可

同定²⁾となることがわかる。また同定結果が安定してから4回程の変動が見られる。これらは各室3分おきの濃度測定値を直線補完近似している誤差が最も大きくなる点と一致する。つまりその近似が同定結果に大きな悪影響を与えている。その他、扇風機による拡はんを行わなかった場合は90%程度の誤差が起こることも確かめられた。

5 まとめ 今回の実験結果における誤差は予想以上に大きいため、他の理論による測定法との比較をしなければ、本測定法の良し悪しを論ずることは難しいようである。ただ、風量推定の誤差を小さくするためには、全部の室のガス濃度をなるべく同時に、かつそれぞれ連続的に測定することが肝要なようである。これが最も今後の開発が待たれるところである。また測定中は各室でファン等による拡はんを行い、数学モデルの仮定になるべく近付くようにすることも大切なようである。

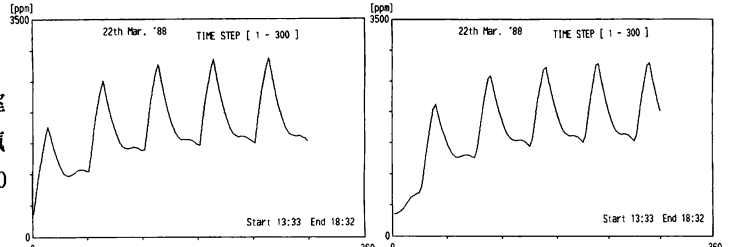


図-2 室1のガス濃度変化

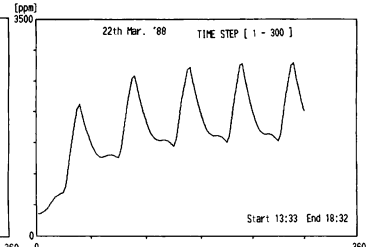


図-3 室2のガス濃度変化

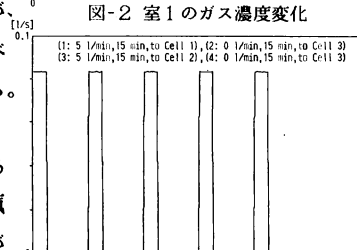


図-4 室1へのガス注入流量

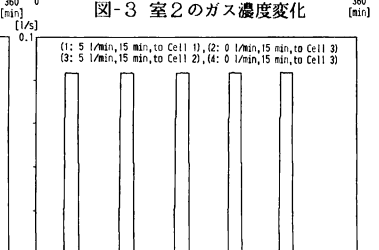


図-5 室2へのガス注入流量

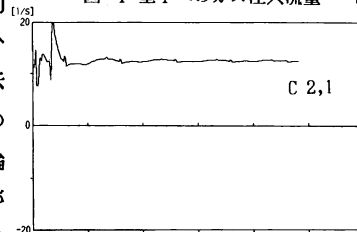


図-6 風量1→2の逐次同定

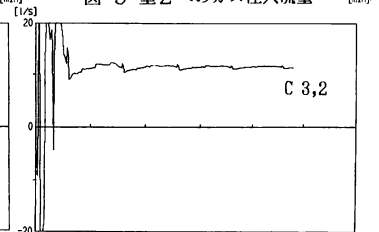


図-7 風量2→3の逐次同定

表-1 誤差推定結果

同定パラメータ	誤差推定標準偏差
m 1,1	1371.8 l
m 2,2	2432.1 l
c 3,2	3.464 l/s
c 3,1	3.489 l/s
c 2,3	1.494 l/s
c 2,1	2.939 l/s
c 1,3	0.905 l/s
c 1,2	1.773 l/s

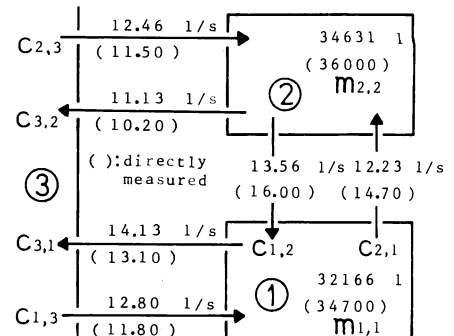


図-8 一括同定結果と直接測定値の比較

<謝辞>本実験は王立工科大学Prof. Tor-Göran Malmströmと国立建築研究所Dr. Mats Sandbergの御好意と御助力によって実現することが出来ました。実験装置の工作と測定機器使用法は技官Mr. Anders Mellinのご協力を、電子装置故障時の修理と改良は電子技術者Mr. Perolov Jonsson他、計測・コンピュータサービス部の方々に、ソフト上の修正はファクシミリによって日本検査コンサルタント(株)の益子智久氏のご協力を得ました。理論上の有益な討論は建築気候と設備研究部のDr. Hans Stymneに、また図表の縮小作業などをしていただいたMr. Folke Glaasに感謝します。

<参考文献> 1) Mats Sandberg et al., "A Quantitative Estimate of the Accuracy of Tracer Gas Methods for the Determination of the Ventilation Flow Rate in Buildings," Building and Environment, Vol. 20, No. 3, p. 139, 1985 2) 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フトパラメータの同定理論」日本建築学会論文報告集, Vol. 344, 1984年10月, p. 103 3) 同著:「同主題(その2:有限要素法によるシフトパラメータの逆探問題への適用)」建築学会大会学術講演梗概集, 1984年10月, p. 657 4) 同著:「同主題(その3:多教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, 1985年10月, p. 409 5) Anders Svensson, NVG, "Methods for measurements of airflow rates in ventilation systems," Bulletin M68:11, The National Swedish Institute for Building Research, 1983, p. 36 << 清水建設(株)技術研究所・研究員・工博 >>