

多数室建物の熱・換気性能現場測定システムの動作確認実験 その2 換気性能測定

正会員
正会員○井出大輝*¹
吉浦温雅*³

正会員

奥山博康*²ガス流動回路網 システム同定 最小二乗法
間欠的正弦波励振 現場測定システム 動作確認実験

1. はじめに

現状のトレーサガスを用いた換気測定法は、主に単室用であり、多数室用に一定濃度法等が実用されているが、室間の風量把握は難しい。しかし例えば多数室の住宅で第三種換気が行われると換気不足の室が生じる可能性がある等、室間の空気流動を把握できる多数室換気測定法は必要である。一般的な拡散系のシステム同定理論^[1]が展開され、第一世代^[1]と第二世代^[2]の多数室換気測定システムが開発された。2012年頃は理論が改良^[3]され表計算プログラムが開発され、計算機実験等で検討がされてきたが、この度、第三世代の測定装置システムが試作された。ここでは新測定システムの概要と、動作確認を主目的とした実住宅での測定実験について述べる。

2. 多数室換気測定システム

本測定システムを図1に示す。炭酸ガスはボンベ(a)から、質量流量制御器と電磁弁切り替え装置の箱(b)を経由して、各室に供給される。全10室を5室ずつの二系統に分けたので、チューブ(c)は比較的に短くてすむ。各室に小型の濃度計(d)を置き、PC(e)に直結した無線機(f)により、箱(b)を経由した無線(g)で、ガス流量制御・測定と濃度測定等を行う。こうして長いチューブとケーブルの煩わしさは極力低減した。なお各室のガス攪拌ファン(h)は常時稼働した。励振のガス供給は初期の矩形波ではなく断続的な正弦波形になった。システム同定を行う表計算プログラム SPIDS は、2012年の理論^[3]に、測定不確かさ標準偏差も推定する機能が加えられた。なお換気測定では、低周波濾波は殆ど必要ないとされている。

3. 実験の概要

横浜市の集合住宅で本測定システムを試した。浴室・洗面所とトイレから排気の第三種換気状態である。図6に示す様に室数は7で、和室(節点番号(1)、大洋室(2)、リビング(3)、小洋室(4)、玄関廊下(5)、トイレ(6)、洗面所と浴室(7)とした。ガス供給の正弦波形の谷から谷までは各室が同じ15分とし、ピーク流量は室の大きさと想定した機械換気量に応じて2L/minから12L/minと変えた。測定値は、室濃度、外気濃度、ガス供給流量等である。測定期間は、2018年12月22日の11:32から15:21まで、動作確認なので短めにして3時間50分行った。

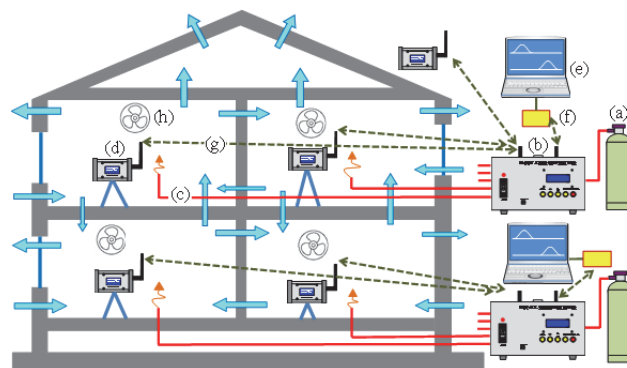


図1 多数室換気測定システム

4. システム同定パラメータと信頼性評価指標

本システム同定理論^[3]では、熱回路網モデルから始まって、ガス流動も含めた一般的な拡散系のシステムパラメータを同様な記号で表している。室を節点番号で表して j 室から i 室への風量を c_{ij} とし、逆方向は c_{ji} とする。また j 室の有効混合容積を m_{jj} と表す。最小二乗法により2種のシステムパラメータ推定を行い、決定係数 COD も求める。さらに得られた常微分方程式での残差を利用して、其々のパラメータの不確かさ標準偏差 σ_c , σ_m を求め、同定前提の不適合率^[3] β も計算する。

5. 測定結果とシステム同定結果

各ガス供給流量と濃度変化を図2から5に示す。これらの測定データを SPIDS に与えて得られた室間の風量は図6に、推定された有効混合容積は表1に示す。全室での換気回数は0.94(機械排気は0.63)回毎時と設計風量に近い。この場合に COD は0.926で β は0.958となった。

6. 同定されたモデルによる予測濃度と測定濃度比較

システム同定された有効容積と風量を用いて NETS の換気とガス流動回路網モデルを作り濃度変化の予測計算を行い測定された濃度変化と比較した。これらも図2から5に示す。概ね予測濃度は測定濃度に近い。しかし図3の玄関廊下の測定濃度変化には、小洋室へガス供給されて高濃度の空気が廊下に流入している影響が見られるのに対して、予測濃度変化ではそれが見られない。これは小洋室から外気へ流出する想定外の同定結果にも表れている。原因として励振周期が15分で、測定期間も3時間程度と短かく励振の順番の配慮不足もあると思われる。

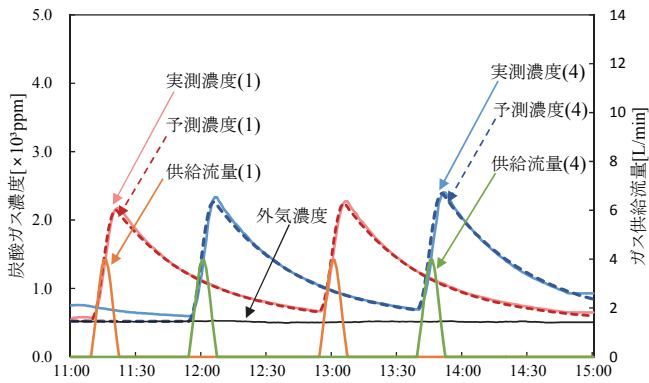


図2 室(1)と(4)の励振と濃度の測定値と予測値

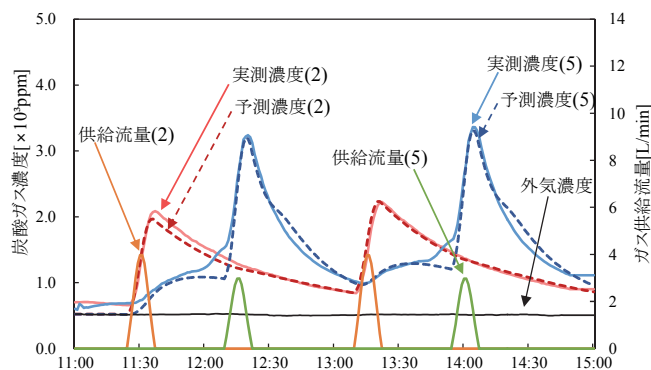


図3 室(2)と(5)の励振と濃度の測定値と予測値

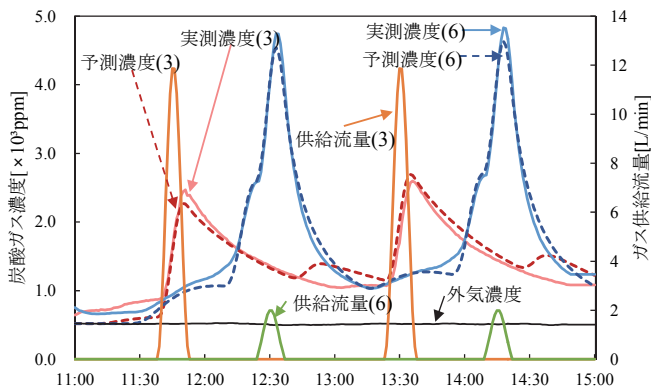


図4 室(3)と(6)の励振と濃度の測定値と予測値

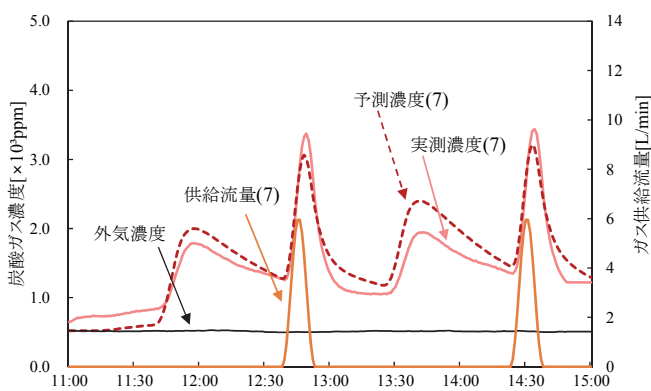


図5 室(7)の励振と濃度の測定値と予測値

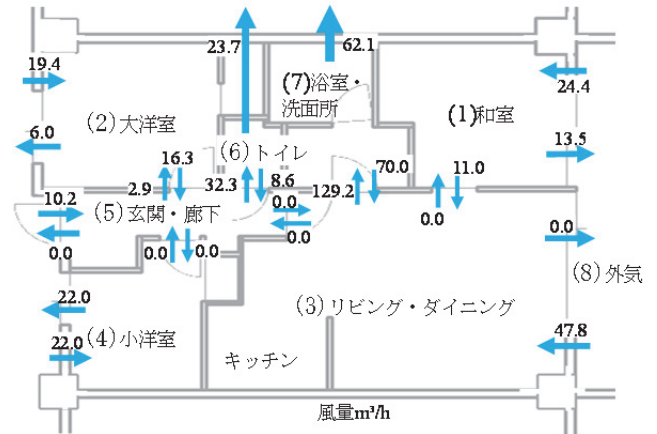


図6 室間風量のシステム同定結果

表1 上段・同定容積/下段・幾何的容積(m³)

容積(m³)	$m_{1,1}$	$m_{2,2}$	$m_{3,3}$
同定値	15.52	18.02	43.75
幾何的容積	20.22	24.13	47.53
$m_{4,4}$	$m_{5,5}$	$m_{6,6}$	$m_{7,7}$
14.52	6.67	3.18	9.99
17.98	8.84	5.17	14.4

システム同定に有利な濃度変化を生成するための励振の仕方には検討を要する。また実用上は濃度測定範囲の制約等があるので、励振のフィードバック制御機能も必要と考えられる。

7. おわりに

測定装置類と制御プログラム及びシステム同定プログラムの正常動作の確認はできたが、部分的に予想と異なる結果が見られたので、励振のスケジュールを修正したり、測定期間を長くしたりして再検討したい。また測定期間短縮のために二室同時並行のガス供給も試したい。

【謝辞】本研究は JSPS 科研費 JP16K06623 の助成を受けました。また石橋佳大の卒業研究も貢献しました。

【参考文献】

- [1] Hiroyasu Okuyama, System Identification Theory of the Thermal Network Model and an Application for Multi-chamber Airflow Measurement, Building and Environment, Vol.25, No.4, 1990, pp349-363
- [2] Hiroyasu Okuyama, Recent Progress on the Multi-Chamber Airflow Measurement System, 1992 International Symposium on Room Air Convection and Ventilation Effectiveness ISRACVE, 22-24 July 1992, Tokyo, pp351-356.
- [3] Hiroyasu Okuyama, Yoshinori Onishi, System parameter identification theory and uncertainty analysis methods for multi-zone building heat transfer and infiltration, Building and Environment, Vol54, 2012, pp39-52.

*1 神奈川大学大学院工学研究科・博士前期課程

*2 神奈川大学・教授・工博

*3 神奈川大学・特別助教・博士(工学)

*1 Graduate School of Engineering, Kanagawa University

*2 Professor, Dr. Eng., Kanagawa University

*3 Assistant Professor, Dr. Eng., Kanagawa University