

トレーサーガスを用いた換気性状把握手法の検証と改良 (その2) 検証実験の結果

正会員 ○奥山博康(清水建設) 正会員 澤地孝男(建設省建築研究所)
正会員 瀬戸裕直(建設省建築研究所) 大西由哲(清水建設)

はじめに

従来の単室モデルの換気測定法は、機能的にも、精度的にも不十分なところがあるので、多数室換気測定法が研究されている。著者は熱回路網のシステムパラメータの同定理論^[1]を考案し、一つの応用として多数室換気測定システムを開発した。そして現在、建設省建築研究所の換気実験施設^[2]を用いて、主題の共同研究を行っている。その1^[3]では予備実験結果について報告したが、本論では差圧測定から求めた風量と比較検討した結果などについて述べる。

シリンダーハウスの概要

建研にあるシリンダーハウスは、2×4工法による図1に示すような延床面積約66m²の二階建て住宅であるが、外皮全体の相当開口面積は約12cm²と非常に高气密に作られている。外壁には塩ビ製で内径5cmのシリンダーが計218本貫通しており、栓を開閉することで様々な建物気密性を模擬できる。各々のシリンダーを空気が入り出す際の差圧と風量の関係を予めキャリブレーションしておき、実験中は差圧を測定することにより、隙間風を模擬する風量を推定することができる。またダクトを用いた様々な機械換気システムを模擬することができる。そしてこのシリンダーハウスは、12×13×高11mの人工気候室の中に在るので、様々な内外温度差による煙突効果も模擬できる。

検証実験

当施設において'97年4月21日から25日の間に、シリンダーの出入口差圧から計算した換気風量と、トレーサーガスを用いた本多数室換気測定システムによる換気風量とを比較する検証実験を行った。多数室換気測定システムは、図2に示すような以前と同じSF₆ガスを用いるシステムである。システム同定モデル上の建物内ゾーン数は8であり、ゾーン番号9は外気を表す。ゾーン番号と室との対応は図1に示す。ガス注入の断続スケジュールは原則的にランダムで良いと考えるが、制御の簡単さ等から、各々の室で9分注入81分停止を90分周期で繰り返し、同時に2室以上への注入は行わないものとした。各室での注入開始と停止に伴う濃度変化の底とピークを捉えられるように、その室のガス注入の開始時間とサンプリング時間が一致するように、また注入停止直後にサンプリングが行われるようにスケジュールを組んだ。なお図3のように、各室においては直径10cm程度のファン1個でガスが混合するようにしたが、上向きに送風することで外壁の微差圧計に及ぼす影響を小さくした。実験の条件としては、表1に示すように、自然換気と機械換気、10℃と20℃の内外温度差、5cm²/m²と7cm²/m²の気密性、などの条件の違いをつくった。隙間通気特性を模擬したスリットシリンダーは合計80本常に開いていたが、これら以外の単純シリンダーを表1の様に開閉することで、気密性を変化させた。各々の実験条件の時間は表2に示す。

Verification and Improvement for Building Multi-zonal Airflow Measurement Method
Using Tracer Gas
Part-2 Verification Experiment

OKUYAMA hiroyasu et al.

システム同定計算プログラムSPIDを用いて計算したのは、これらの一部の期間である。

検証実験結果

前述した4通りの実験条件のうちガス注入流量と濃度変化を、例えば玄関の(3)の実験条件について図4に示す。玄関にガスの注入が行われていない時間にもガス濃度の上昇が見られるのは、隣室からの流入によるからである。またこうしたガス濃度と注入流量変化の測定値に基づいてシステム同定を行った結果について、例えば実験条件(4)については、図8に示す。風量を表す矢印の根元に風上と風下の室番号と風量を記してある。図上部の換気回数とは、その室の総通過風量を室容積で除したものであり、単なる目安である。一方シリンダーの出入口の差圧測定から推定される風量は、図7に建物断面を模式化した中に示す。ここに各室で、外壁に面した5個の風量は、上下方向の5カ所のシリンダーに対応する。室間の風量については差圧測定が難しいので、ある室での外壁を通る風量の収支残は、隣室と出入りするものと見なした。シリンダー出入りの差圧からの風量と、トレーサーガスによる多数室換気測定法からの風量の相関図を作ったのが図9と図10である。これら二つの相関図の違いについて、図10の相関図は、外気と通じるシリンダーを持たない玄関室と二階ホールには、システム同定すべき風量も存在しないものとして、未知数の同定風量の個数を減らした場合のものである。やはり未知数が少ない方がシステム同定の精度は向上する様である。本測定システムではガスモニター1個で多点を測定している。1点あたり1分かかり、全部で9ゾーン測定するから、一つのゾーンについて測定が巡ってくるのは9分毎である。しかしシステム同定には一分毎のデータが必要なため、線形近似して間のデータを得ている。そこで線形近似誤差を見るために、リビング室について別のガスモニ

ターで3分毎に測定したものと比較したのが図5である。図らずも両者に測定器誤差による平行移動的な差異が発見されたが、この差異は外気も含めて全室で同様なので、システム同定への悪影響は少なかったと思われる。線形近似により、変化の滑らかさと細かい変化が失われているのが良く分かるが、これがどの程度の悪影響を及ぼすかは今後の課題である。次に同じくリビング室で、攪拌ファンのオン・オフによるガスの混合状況の違いを調べたのが図6である。サンプリングポイントの片方は室の北東の下の隅で、もう一方は南西の上の隅である。小さなファン一個ではあるが、稼動していれば殆ど完全混合になるようである。しかし突発には十分追従しない場合もある様である。こうした誤差の影響も今後の課題である。

まとめ

今回の検証実験においては、シリンダー出入口差圧から求めた換気風量と比較したところ、本多数室換気測定法は概ね良好な一致を示した。一方、ガス濃度変化の線形近似の誤差の状況と、攪拌ファン発停によるガス濃度の室内混合状況の違いも事例検討することができた。しかしこれらがシステムパラメータ同定にどの程度の悪影響を及ぼすかの検討は今後の課題である。

【謝辞】 シリンダー通過風量を微差圧測定から求める処理等では(財)ベター・リビング筑波建築試験センター・山中氏等にご協力頂いた。

【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の同定理論,日本建築学会論文報告集,第344号,昭和59年10月,pp103-115
- [2]澤地孝男他,住宅の換気システムに関する実験的研究,その2 実験施設(シリンダーハウス)の特性,空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集(II),1994年10月,pp.649-652,その他
- [3]奥山,澤地,瀬戸,大西,トレーサーガスを用いた換気性状把握手法の検証と改良(その1)予備実験の結果,日本建築学会全国大会学術講演梗概集,1997年8月,環境系

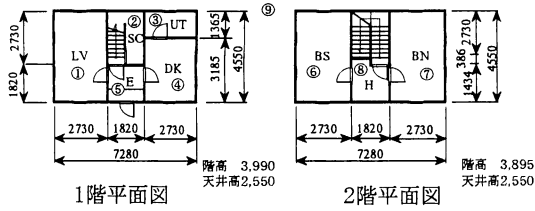


図1 シリンドーハウス平面図

表2 実験期間

実験番号	(1)	(2)	(3)	(4)
開始時間	4/22 15:00	4/22 20:45	4/23 14:45	4/23 18:30
終了時間	18:23	9:15	17:45	23:24

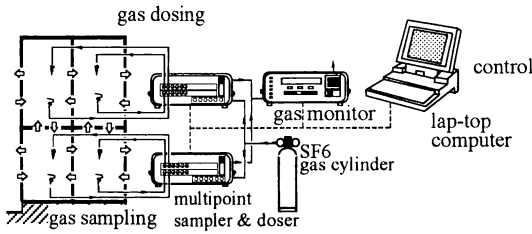


図2 多室換気測定システムの構成

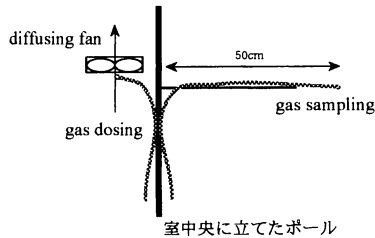


図3 注入とサンプリングの位置関係

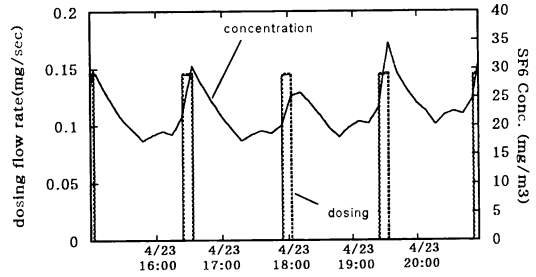


図4 ガス注入量と濃度変化 (③ 玄関)

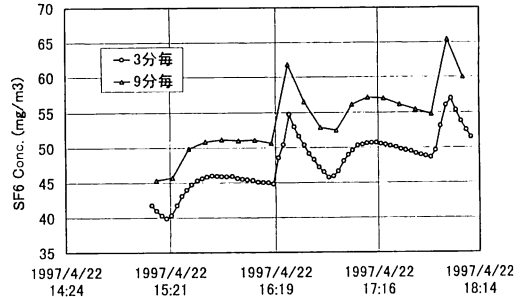


図5 ガスモニター誤差と線形近似誤差

表1 実験条件

実験番号	換気の種類		内外温度差 ΔT(K)				単位床当たりの気密性能AT(cm ³)	扉の開閉				開いている単純円筒のシリンドー50φの本数	室間通気経路
	自然換気	機械換気	10	20	5	7		LV DK BS BN	UT	E-SC 開	SC-H 開		
(1)	○	-	○	-	○	-	閉	閉	閉	閉	閉	各室3本 ただし DKは1本 UTは2本	LV,DKとE 及びBS,BN とH間は 160φ
(2)	○	-	-	○	-	○	閉	閉	閉	閉	閉	各室5本 ただし DKは2本 UTは3本	UTとDK間 は50φ5本
(3)	-	○	-	○	-	○	閉	閉	閉	閉	閉	各室5本 ただし DKは2本 UTは3本	EとSC間 は50φ5本
(4)	-	○	-	○	○	-	閉	閉	閉	閉	閉	各室3本 ただし DKは1本 UTは2本	SCとH間 は50φ4本

(注意) 単純円筒以外のリットリング = [20 (本/室) × 4 (室, 除くUT)] = 80本
は常時開いている

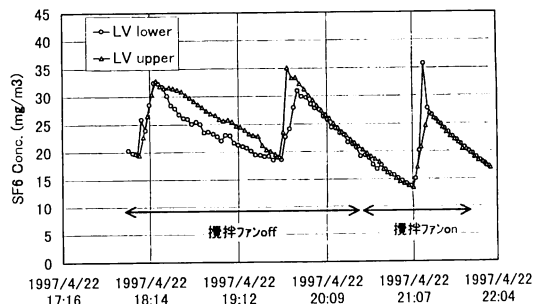
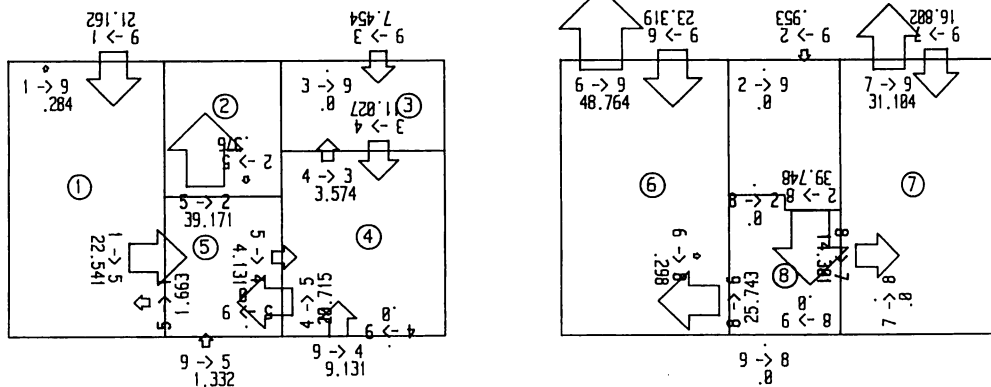


図6 攪拌ファンの混合効果

⑥BS	⑧ H	⑦BN
← 1.25 外壁からの流入量 20.54 → 0.65 Hからの流入量 18.71 <u>→ 7.39 流入合計 39.25</u> → 1.59 機械排気量 38.00 → 10.91 流出量 1.25 <u>流出合計 39.25</u>	← 18.71 → 21.33 ↓ 40 (②SC) ↓ 46.5 → 26.72 ← 19.80	外壁からの流入量 20.5 3.83 → Hからの流入量 21.33 0.49 ← <u>流入合計 41.83</u> 機械排気量 38.00 7.28 ← 流出量 3.83 1.61 ← <u>流出合計 41.83</u> 11.12 ←
①LV	⑤ E	④DK
→ 2.49 外壁からの流入量 26.72 → 0.96 <u>→ 9.09 流入合計 26.72</u> 機械排気量 0 流出量 26.72 <u>流出合計 0</u>	(②SC) ↓ 46.5 → 26.72 ← 19.80	外壁からの流入量 11.81 0.15 ← UTからの流入量 6.00 6.02 ← <u>流入合計 17.81</u> 1.41 ← 機械排気量 0 1.89 ← 流出量 19.80 2.34 ← <u>流出合計 19.80</u>

図7 シリンダ-出入口の差圧測定から得られた風量分布 (風量の単位はm³/h)

AIR CHANGE RATE IN EACH ZONE (1/Hour), AIRFLOW(m³/Hour):
 1: 0.774, 2: 1.350, 3: 1.392, 4: 1.191, 5: 6.101,
 6: 1.664, 7: 1.055, 8: 6.132, 9: 1.500,



⑨

BY NON-NEGATIVE LEAST SQUARES, BATCH SYSTEM IDENTIFICATION RESULTS FILE NAME: RES04232
 SYSTEM IDENTIFICATION MODEL DATA FILE NAME : KENIDM01.DAT
 MEASUREMENT DATA FILE NAME FOR THE IDENTIFICATION: KEN0423A.D01
 STARTING TIME = 1997- 4-23, 19: 0 PERIOD OF TIME = 240(min)

図8 システム同定プログラムspidによる実験(4)での風量分布

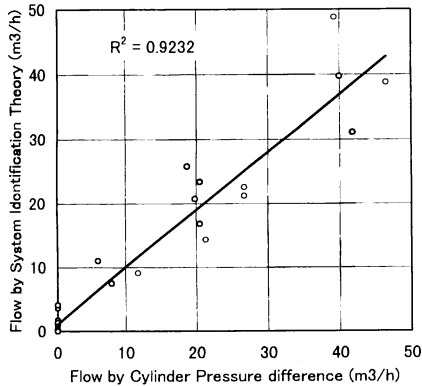


図9 実験条件(4)での比較検証 (同定風量個数30個)

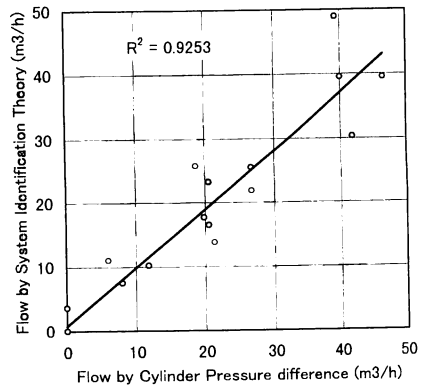


図10 実験条件(4)での比較検証 (同定風量個数24個)