

# 中小規模建物における換気状態の簡易評価に関する研究

都市システム工学科 2160070075-5 前田 崇瑛  
(指導教員 近本智行)

## 1. はじめに

現在、中小規模建物は数多く存在するが、大規模建物と比べ、室内温湿度や換気状況の監視が行き届きな場合が多く、十分な室内環境が確保されていない。この背景に対し、既往の研究<sup>文 1)</sup>では中小規模建物の現状把握と問題点抽出を行い、在室者は室内の温度には敏感であるが CO<sub>2</sub> 濃度には敏感ではなく、空気質の悪化に気づきにくいということが分かった。

本研究では、その問題点を受けて、中小規模建物の室内環境を把握できるようにすることを目的とし、簡易に空気質を評価できる指標として換気状態判断チェックシートを作成する。

## 2. 本研究の流れ

扉開閉・窓開け・機器劣化・知覚をチェック項目とし、各項目を評価するために、扉 1 回開閉や窓開けによる換気量の定量化、機器の劣化による換気状態への影響評価、換気状態に影響を及ぼす要素の検討を行う。また定量値を基に CFD 解析を行い、空気分布を検討する。それらの結果をまとめてチェックシートを作成する。研究フローを図 1 に示す。

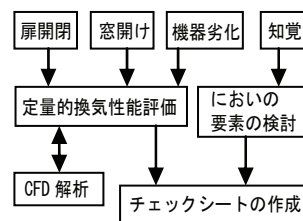


図 1 研究フロー

## 3. 定量的換気性能評価

### 3-1. 扉 1 回の開閉に伴う換気量の算出

扉開閉時の室圧変動を測定している論文<sup>文 2), 3)</sup>の実験結果から 2 室間の圧力差を読み取り、扉 1 回の開閉に伴う換気量を算出した。算出結果を表 1 に示す。

表 1 換気量算出結果

扉タイプ	扉開閉パターン	算出結果
開き戸	約4秒間の通常の入退室	1.43m <sup>3</sup> /回
開き戸	緩やかに開閉する約7秒間の入退室	0.85m <sup>3</sup> /回
引き戸	扉開閉速度18cm/sの約7秒間の入退室	2.94m <sup>3</sup> /回

### 3-2. 窓開けによる換気量の算出

#### (1) 通風経路が確保されているケース

オフィスモデル(大規模: 25.6m×35.2m×2.6m センターコア、中規模: 25.6m×18.8m×2.6m 北側コア、小規模: 9.6m×12.8m×2.6m 北側コア)に対して風圧係数をベースとした風力換気を考え、窓の開閉条件、通風経路ごとに換気量を算出し、その平均値を求め、開いている窓数と室容積に応じて換気回数を算出した。

## (2) 通風経路が確保されていないケース

片側開口の場合の換気量の予測手法を提案している論文<sup>文 4)</sup>を参考として換気量を算出し、(1)と同様にして換気回数を算出した。表 2 に算出式を示す。

表 2 片側開口換気量算出式

$Q_p = k \times (A \cdot U_{CFD} \times CF_u)$	
Q <sub>p</sub>	予測換気量[m <sup>3</sup> /s]
k	基準化換気量=0.023
A	開口面積(1つの窓面積×窓数)
U <sub>CFD</sub>	開口近傍の風速=2.0m/s
CF <sub>u</sub>	U <sub>CFD</sub> を壁面から1m離れた位置の風速に変換するための換算係数=1.0

### 3-3. 機器の劣化による換気状態への影響評価

換気扇、空調機、全熱交換機の各平均寿命を 10 年、15 年、10 年と設定し、経過年数に応じて各機器の故障率<sup>文 5)</sup>を算出した。その故障率とフィルターの交換頻度をポイント評価し、換気状態への影響評価を行った。

## 4. 換気状態に影響を及ぼす人間の知覚の検討

ビル管法による CO<sub>2</sub> 濃度基準では評価しきれない知覚性空気質に関して P. O. Fanger が提唱した olf、decipol<sup>文 6)</sup>を用いて、においの換気状態への影響を評価した。

不快率と decipol 値・在室者 1 人当たりの換気量との関係を示している論文<sup>文 7)</sup>を引用し、在室人員密度と什器等の密集度合の 2 項目について、においによる必要換気量への割増を決めた。ここで 1 人当たりの必要換気量を 25.5m<sup>3</sup>/h<sup>文 8)</sup>とした。表 3, 4 に必要換気量への影響を示す。

表 3 在室人員密度と必要換気量への影響

基準に対する人員数	設定不快率	対応decipol値	必要換気量への割増
+21人以上	40%	3.6	2.4倍
+11~20人	30%	2.4	1.8倍
+1~10人	25%	1.8	1.4倍
基準以下	20%以下	1.4	1.0倍

表 4 什器密集度合と必要換気量への影響

オフィス什器、PC等の密集度合	設定不快率	対応decipol値	必要換気量への割増
非常に密集	35%	3	2.0倍
かなり密集	30%	2.4	1.8倍
やや密集	25%	1.8	1.4倍
密集はしていない	20%以下	1.4	1.0倍

## 5. CFD による室内の空気分布の検討

オフィスモデルの事務室(25.6m×12.8m×2.6m、西・南・東面が窓)を解析対象とし、季節(夏期・中間期・冬期)、換気経路(2 面開口・3 面開口)、窓種類(ポツ窓・連窓)を組み合わせた 12 ケースで解析を行った。西面から流入し南面から流出するポツ窓の場合の各季節の空気齢分布<sup>注 1)</sup>を図 2 に示す。各季節では中間期が最も新鮮空気が導入され易いことが分かった。気流分布を見ると、夏期では上昇、冬期では下降していたが、室内外温度差の小さい中間期では緩やかに下降しており、そのため新鮮空気が室全体に最も広がり易いということが考えられた。

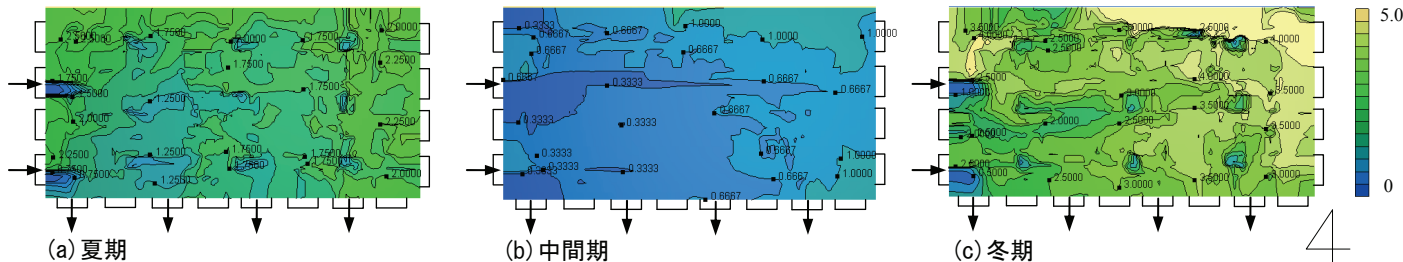


図2 事務室における居住域(高さ1.2m)の水平断面の空気齢分布

## 6. 換気状態判断チェックシート

表5にチェックシートを示す。Iでオフィス形状を選択。IIで扉タイプと平均出入り回数をチェックし、総合評価の式i)から換気回数を算出。IIIでオフィスタイプと窓開閉状況から該当するものと1時間当たり窓が開いている割合を選択して式ii)より換気回数を算出。IVで各機器の経過年数とフィルター交換頻度をポイント評価し、合計ポイントを計算して換気回数への影響を決める。Vで在室人員、在室人員密度、什器密集度合を選択し、式v)から必要換気回数を求める。必要換気回数に対する算出換気回数の割合を求め、その割合に応じてD~A+ランクで評価する。

## 7. まとめ

本研究では、室内環境の把握が十分に行われていない中小規模建物を対象として、定量的な換気量の算出と室内の換気状態に影響を及ぼす因子の検討を行い、その評価をまとめた換気状態判断チェックシートを作成し、室内の空気質を簡易に評価できる指標の作成を行った。

またCFDによる解析から、季節による換気効率の違いが分かり、定量的な換気性能に季節の要素を加えることで、より厳密な換気状態を知ることができると考えられる。

表5 換気状態判断チェックシート注2),3)

I 規模	(1)床面積	①大規模-コア開(900m <sup>2</sup> )	②大・中規模-コア開(330m <sup>2</sup> )	③中規模-コア開(480m <sup>2</sup> )	④小規模-コア開(120m <sup>2</sup> )	⑤小規模-コア開(90m <sup>2</sup> )
	(2)室容積	①大規模-コア開(2340m <sup>3</sup> )	②大・中規模-コア開(858m <sup>3</sup> )	③中規模-コア開(1248m <sup>3</sup> )	④小規模-コア開(312m <sup>3</sup> )	⑤小規模-コア開(234m <sup>3</sup> )
II 扉	(1)扉タイプ	①開き戸(1.14m <sup>3</sup> /回)	②引き戸(2.94m <sup>3</sup> /回)	③5回	④10回	⑤15回以上
	(2)1時間当たり平均出入り回数	①0回	②3回	③5回	④10回	⑤15回以上
III 窓	(1)通風経路が確保されている場合	窓種類、オフィス形状、窓面				
	大規模-コア開	①ボツ窓-大部屋仕様	1. 1枚(1.4回/h)	2. 2~4枚(1.8回/h)	3. 5~8枚(1.9回/h)	
		②ボツ窓-小部屋あり	1. 1枚(1.3回/h)	2. 2枚(1.5回/h)	3. 3~4枚(1.6回/h)	
		③連窓-大部屋仕様	1. 1~3枚(1.5回/h)			
		④連窓-小部屋あり	1. 1枚(1.5回/h)			
	大・中規模-コア開	⑤ボツ窓-大部屋仕様-2面開口	1. 1枚(5.6回/h)	2. 2~4枚(10.7回/h)	3. 5~8枚(17.5回/h)	
		⑥ボツ窓-大部屋仕様-3面開口	1. 1枚(7.8回/h)	2. 2~4枚(16.6回/h)	3. 5~8枚(33.2回/h)	
		⑦ボツ窓-小部屋あり	1. 1枚(4.2回/h)	2. 2枚(5.5回/h)	3. 3~4枚(6.1回/h)	
		⑧連窓-大部屋仕様-2面開口	1. 1枚(9.3回/h)	2. 2枚(11.2回/h)	3. 3枚(12.1回/h)	
	中規模-コア開	⑨連窓-大部屋仕様-3面開口	1. 1枚(30.4回/h)	2. 2枚(32.3回/h)	3. 3枚(33.0回/h)	
		⑩連窓-小部屋あり	1. 1枚(6.0回/h)			
		⑪ボツ窓-大部屋仕様	1. 1枚(5.6回/h)	2. 2~4枚(3.3回/h)	3. 5~8枚(3.4回/h)	
		⑫ボツ窓-小部屋あり	1. 1枚(2.6回/h)	2. 2~8枚(2.9回/h)		
IV 機器の劣化	小規模-コア開	⑬ボツ窓-大部屋仕様	1. 1枚(2.7回/h)			
		⑭連窓-大部屋仕様	1. 1枚(12.0回/h)	2. 2枚(14.4回/h)	3. 3枚(15.1回/h)	
		⑮連窓-小部屋あり	1. 1枚(12.4回/h)			
		⑯ボツ窓-大部屋仕様-2面開口	1. 1枚(18.1回/h)	2. 2枚(29.4回/h)	3. 3枚(38.8回/h)	
	小規模-コア閉	⑰ボツ窓-大部屋仕様-3面開口	1. 1枚(28.2回/h)	2. 2枚(56.4回/h)	3. 3枚(84.6回/h)	
		⑱連窓-大部屋仕様-2面開口	1. 1枚(75.9回/h)			
		⑲連窓-大部屋仕様-3面開口	1. 1枚(109.7回/h)			
		⑳窓				
	(2)通風経路が確保されている場合	窓種類、オフィス形状、窓面				
		大・中規模	①ボツ窓	1. 1枚(0.3回/h)	2. 2~4枚(0.9回/h)	3. 5~8枚(2.1回/h)
			②連窓	1. 1枚(1.2回/h)	2. 2枚(2.4回/h)	3. 3枚(3.7回/h)
			③ボツ窓	1. 1枚(1.1回/h)	2. 2枚(2.2回/h)	3. 3枚(3.4回/h)
			④連窓	1. 1枚(4.3回/h)		
V V知覚	(8)1時間当たり窓が開いている割合	①60分(1/1)	②30分(1/2)	③15分(1/4)	④5分(1/12)	⑤常に閉まっている
	(1)換気屋					
	1.経過年数(故障率)	①1年(9.5%)	②2年(18%)	③3年~5年(33%)	④6年~10年(55%)	⑤11年以上(70%)
	評価ポイント	0	1	2	3	4
	2.フィルター交換頻度	①半年に1回	②1年に1回	③2年に1回	④3年に1回	⑤4年に1回以下
	評価ポイント	0	1	2	3	4
	3.合計ポイント(換気回数への影響)	①0~1(なし)	②2~3(0.95倍)	③4~5(0.90倍)	④6~7(0.85倍)	⑤7~8(0.80倍)
	(2)空調機					
	1.経過年数(故障率)	①1年~2年(9.5%)	②3年~5年(23%)	③6年~9年(39%)	④10年~15年(56%)	⑤16年以上(70%)
	評価ポイント	0	1	2	3	4
	2.フィルター交換頻度	①半年に1回	②1年に1回	③2年に1回	④3年に1回	⑤4年に1回以下
	評価ポイント	0	1	2	3	4
	3.合計ポイント(換気回数への影響)	①0~1(なし)	②2~3(0.95倍)	③4~5(0.90倍)	④6~7(0.85倍)	⑤7~8(0.80倍)
	(3)全熱交換機					
	1.経過年数(故障率)	①1年(9.5%)	②2年(18%)	③3年~5年(33%)	④6年~10年(55%)	⑤11年以上(70%)
	評価ポイント	0	1	2	3	4
	2.フィルター交換頻度	①半年に1回	②1年に1回	③2年に1回	④3年に1回	⑤4年に1回以下
	評価ポイント	0	1	2	3	4
	3.合計ポイント(換気回数への影響)	①0~1(なし)	②2~3(0.95倍)	③4~5(0.90倍)	④6~7(0.85倍)	⑤7~8(0.80倍)
V知覚	(1)在室人員	①10人	②20人	③50人	④70人	⑤100人以上
	(2)基準に対する人員数(必要換気回数への影響)	①+21人以上(2.4倍)	②+11~20人(1.8倍)	③+1~10人(1.4倍)	④基準以下(1.0倍)	
	(3)什器密集度合(必要換気回数への影響)	①非常に密集(2.0倍)	②かなり密集(1.8倍)	③やや密集(1.4倍)	④密集はしていない(1.0倍)	
	(4)基準に対する人員数(必要換気回数への影響)	①非常に密集(2.0倍)	②かなり密集(1.8倍)	③やや密集(1.4倍)	④密集はしていない(1.0倍)	
総合評価						
扉		i) [II-(1)-(1~2)] × [II-(2)-(1~5)] ÷ [I-(2)-(1~5)]				
窓		ii) [III-(1)-(1~20)-(1~3)] × [III-(8)-(1~5)] or [III-(2)-(1~4)-(1~3)] × [III-(8)-(1~5)]				
機器の劣化		iii) [IV-(1)-(1~5)], [IV-(2)-(1~5)], [IV-(3)-(1~5)]				
算出換気回数		iv) [i] + [ii] × [iii]				
必要換気回数		v) 25.5m <sup>3</sup> /h × [V-(1)-(1~6)] ÷ [I-(2)-(1~5)] × [V-(2)-(1~4)] (3)-(1~4)]				
換気状態評価		iv/v × 100%				
評価		50%以下	51~80%	81~110%	111~150%	151%以上
		D	C	B	A	A+

注1) 空気の新鮮さを示す換気効率指標で、空気齢が小さい場所ほど空気が新鮮であることを表す。

注2) コア開：事務室とコア部分（廊下、エレベーターホール、階段室等）の間の扉が開いており、風が流れるケース。

注3) コア閉：事務室とコア部分（廊下、エレベーターホール、階段室等）の間の扉が閉じており、風が流れないケース。

文1) 山田佳史：中小規模建物において省エネルギー方策を施した場合の室内の環境質維持に関する研究 2009年修士論文梗概集 pp.183-186

文2) 村江行忠、岩村多美男他：クリーンルームにおける室圧制御手法に関する実験的研究 その2 扉開閉時の室圧変動に関する実験 2007年8月 日本建築学会大会学術講演梗概集

文3) 田中稔、金岡千嘉男他：ドア開閉に伴う空気流れの挙動（その3）引き戸開閉時の挙動および空気移動量 1997年9月 日本建築学会大会学術講演梗概集

文4) 森勝彦、加藤信他：片側開口建物の通風性状に関する研究（その4）片側開口居室の通風・換気量予測手法の提案

2007年8月 日本建築学会大会学術講演梗概集

文5) 平尾吉良：文化財施設防災設備の故障検知と診断手法に関する研究 経年劣化における機器の故障に関する検討 2007年卒業研究梗概集 pp.109-110

文6) P.O.Fanger 翻訳紹介 近藤肇：olf(オルフ) decipol(デシポル) 知覚性空気質に対する新単位 1988年4月 空気調和・衛生工学第63巻 第1号

文7) 岩下剛、木村建一、田辺新一他：人間の嗅覚に基づく室内空気質の評価に関する研究（その2）換気量と不快率との関係及び知覚空気汚染指標による評価 1989年10月 日本建築学会大会学術講演梗概集

文8) 建築士のための建築設備

社団法人日本建築士連合会編集 1974年2月25日発行