

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

石黒亮（立命館大学） 近本智行（立命館大学） 前田崇瑛（立命館大学）

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、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 CO2 濃度には敏感ではなく、空気質の変化に気づきにくいため、室内の空気質の悪化が起こってしまうということが既往の研究でも分かっている。

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、機器を要する測定を行わなくても、簡易に空気質を評価できる指標として、「換気量・機器劣化・知覚」を判断基準とした換気状態判断チェックシート作成する。

換気量算出・機器劣化評価・知覚評価

日常行動時で換気効果を含むものとして、扉の開閉と窓の開閉が考えられる。この二つについて、定量的換気量の評価を行う。

また、機器の劣化に伴う換気能力への影響や、什器、人員密度などによる必要換気量への影響の評価を行う

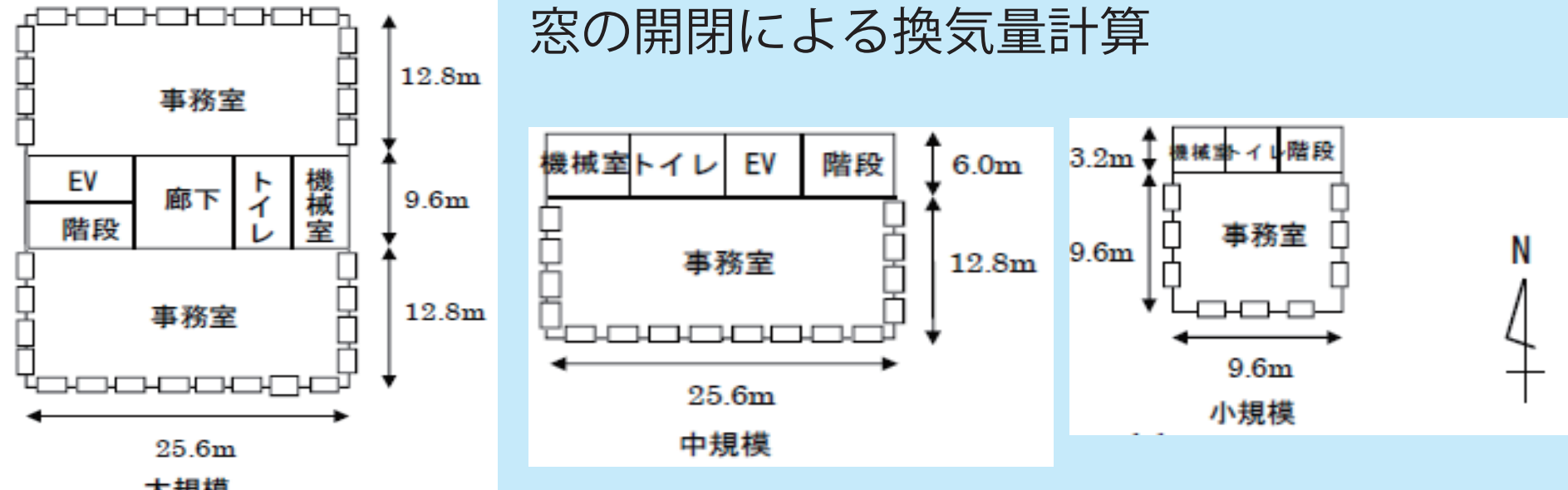
扉の開閉による換気量計算

$$Q = \alpha A \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta p} \quad [m^3 / s]$$

α 流量係数 0.65
 Δp 圧力差[pa]
 ρ 空気の密度[kg/m³] 1.181 (室内温度26℃と設定)
 A 開口面積[m²] (扉開度に応じて算出)

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 ³ /回
開き戸	緩やかに開閉する約7秒間の入退室	0.85m ³ /回
引き戸	扉開閉速度18cm/sの約7秒間の入退室	2.94m ³ /回

窓の開閉による換気量計算



$$Q_P = k \times (A \cdot U_{CFD} \times CF_u)$$

Q_P 予測換気量[m³/s]
 k 基準化換気量=0.023
 A 開口面積(1つの窓面積×窓数)
 U_{CFD} 開口近傍の風速=2.0m/s
 CF_u U_{CFD} 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

換気状態判断チェックシート

I 規模	(1)床面積	①大規模ーコア開(900m ²)	②大・中規模ーコア開(330m ²)	③中規模ーコア開(480m ²)	④小規模ーコア開(120m ²)	⑤小規模ーコア開(90m ²)
	(2)室容積	①大規模ーコア開(2340m ³)	②大・中規模ーコア開(858m ³)	③中規模ーコア開(1248m ³)	④小規模ーコア開(312m ³)	⑤小規模ーコア開(234m ³)
II 扉	(1)扉タイプ	①開き戸(1.14m ³ /回)	②引き戸(2.94m ³ /回)			
	(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		開いている窓数(換気回数)		
	大規模ーコア開	①ポツ窓ー大部屋仕様		1. 1枚(1.4回/h)	2. 2~4枚(1.8回/h)	3. 5~8枚(1.9回/h)
		②ポツ窓ー小部屋あり		1. 1枚(1.3回/h)	2. 2枚(1.5回/h)	3. 3~4枚(1.6回/h)
		③連窓ー大部屋仕様		1. 1~3枚(1.5回/h)		
		④連窓ー小部屋あり		1. 1枚(1.5回/h)		
	大・中規模ーコア開	⑤ポツ窓ー大部屋仕様ー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ポツ窓ー大部屋仕様ー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ポツ窓ー小部屋あり		1. 1枚(4.2回/h)	2. 2枚(5.5回/h)	3. 3~4枚(6.1回/h)
		⑧連窓ー大部屋仕様ー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)
	中規模ーコア開	⑨連窓ー大部屋仕様ー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連窓ー小部屋あり		1. 1枚(6.0回/h)		
		⑪ポツ窓ー大部屋仕様		1. 1枚(2.8回/h)	2. 2~4枚(3.3回/h)	3. 5~8枚(3.4回/h)
IV 機器の劣化	小規模ーコア開	⑫ポツ窓ー小部屋あり		1. 1枚(2.6回/h)	2. 2~8枚(2.9回/h)	
		⑬連窓ー大部屋仕様		1. 1~3枚(3.2回/h)		
		⑭連窓ー小部屋あり		1. 1枚(2.7回/h)		
		⑮ポツ窓ー大部屋仕様		1. 1枚(12.0回/h)	2. 2枚(14.4回/h)	3. 3枚(15.1回/h)
	小規模ーコア閉	⑯連窓ー大部屋仕様		1. 1枚(12.4回/h)		
		⑰ポツ窓ー大部屋仕様ー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)
		⑱ポツ窓ー大部屋仕様ー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)
		⑲連窓ー大部屋仕様ー2面開口		1. 1枚(75.9回/h)		
	(2)通風経路が確保されている場合	⑳連窓ー大部屋仕様ー3面開口		1. 1枚(109.7回/h)		
		窓種類、オフィス形状、窓面		開いている窓数(換気回数)		
		大・中規模	①ポツ窓	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)
V 知覚	(8)1時間当たり窓が開いている割合	小規模	③ポツ窓	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)		
		(1)換気扇	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			
	(3)1時間当たり窓が開いている割合	(1)換気扇	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
			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
		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	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
			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
		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)1時間当たり窓が開いている割合	(3)全熱交換機	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
			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
		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)1時間当たり窓が開いている割合	(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)1時間当たり窓が開いている割合	(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)
		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)-3.(1~5))],[Ⅳ-(2)-3.(1~5))],[Ⅳ-(3)-3.(1~5))]		
			算出換気回数	iv) [(Ⅰ)+ii)]×[(iii)]		
		必要換気回数	v) 25.5m ³ /h×[1人当たり必要換気量]÷50人[在室人員]÷858m ³ [室容積]×1.0倍[在室人員密度]×1.4倍[什器密集度合]=2.08回/h			
			換気状態	2.43回/h[算出換気回数]÷2.08回/h[必要換気回数]×100%=117%		
			評価	A		

機器の劣化による換気能力への影響

故障率	ポイント	フィルターの交換頻度	ポイント	合計ポイント	換気状態への影響
0~15%	0	半年に1回	0	0~1	なし
16~25%	1	1年に1回	1	2~3	0.95倍
26~40%	2	2年に1回	2	4~5	0.90倍
41~69%	3	3年に1回	3	6~7	0.85倍
70%以上	4	4年に1回以下	4	7~8	0.80倍

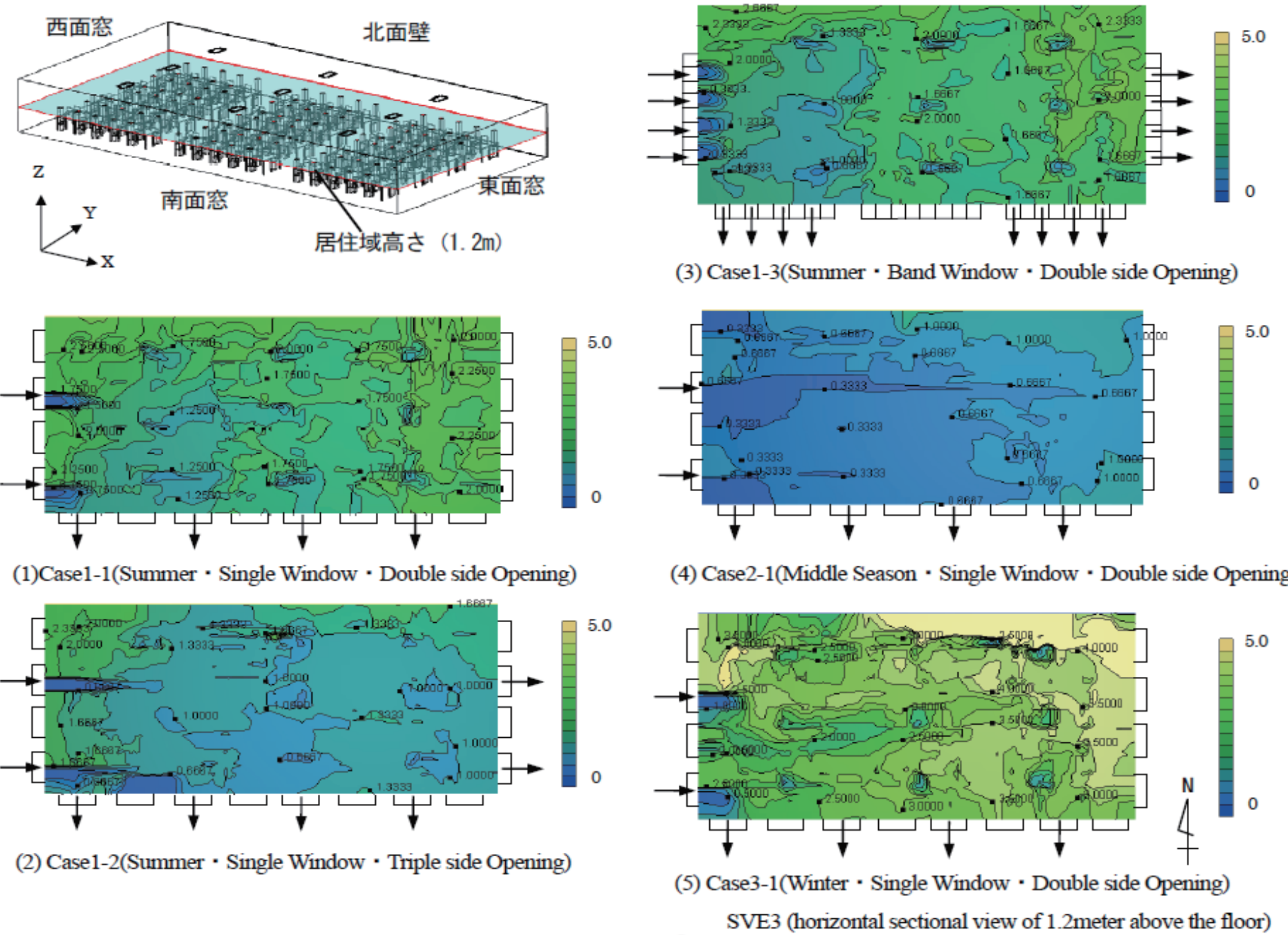
知覚の影響による必要換気量への影響評価

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

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

CFD 解析

季節、室レイアウトや外気流入経路の違いにより、居住域の還気状況への影響を確認。中間期に比べ夏期、冬期では居住域の換気効率が低下している。



まとめ

専用の測定器、知識なしで室内の空気室状況进行判断する簡易換気状態判断チェックシートを作成した。

課題としては CFD 結果で示したように、より詳細な空気室の状況进行判断するためには、季節、レイアウトなどによる換気状態の不均一性を考慮する必要がある。