

外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発（その82）

## ゾーン間換気と相互影響の解析

Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems, the BEST (Part 82)

Analyze of the Ventilation between Zones and Thermal Interaction

正会員 久保木 真俊（日建設計）

名誉会員 村上 周三（建築研究所）

技術フェロー 石野 久彌（首都大学東京大学院）

技術フェロー 郡 公子（宇都宮大学）

Masatoshi KUBOKI<sup>\*1</sup> Shuzo MURAKAMI<sup>\*2</sup> Hisaya ISHINO<sup>\*3</sup> Kimiko KOHRI<sup>\*4</sup>

<sup>\*1</sup> NIKKEN SEKKEI Ltd. <sup>\*2</sup> Chief Executive, Building Research Institute, Dr.Eng

<sup>\*3</sup> Emeritus Prof., Tokyo Metropolitan Univ., Dr.Eng <sup>\*4</sup> Associate Prof., Utsunomiya Univ., Dr.Eng

In this paper, we intended to propose office modeling methodology considering thermal interaction between zones for an energy simulation program, the BEST. We examined the following two topics through simulations considering the air transfer between zones, 1. the thermal load and thermal environment in unconditioned rooms, 2. the thermal interaction between the interior zone and the perimeter zone. The results of the first analysis shows on that, it is difficult to keep air-temperature under 28 with only the pass ventilation. From the second analysis, the consideration of pass ventilation enables to obtain the more accurate interior and perimeter thermal load.

### 1. 序

建築物総合エネルギーシミュレーションツールであるThe BEST Program ( Building Energy Simulation Tool、以下BEST<sup>1)</sup>)では、多数室のゾーン相互境界における換気量をゾーン間換気機能によって定義することが可能である。ゾーン間換気を用いることで一体空間におけるゾーン間または、非空調室と空調室間の熱的影響を考慮することができる。非空調室は従来の熱負荷計算では考慮されることが少なかったが、熱負荷計算結果に与える影響は大きいと考えられる。

そこで本論文では、このゾーン間換気機能を活用し、パス換気による熱的影響、インテリアとペリメータ間の熱的影響を考慮した熱負荷計算の有効性を考察するとともに熱的相互影響を考慮した建築モデリング方法を提案する。

### 2. ゾーン間換気法

BESTにおけるゾーン間換気とは「平面上の境界1mあたりの風量に境界長さを乗じ、さらにスケジュール値または風量比を乗じて計算されるゾーン方向又は双方向の換気量」と定義できる。図1にゾーン間換気概念図を示す。

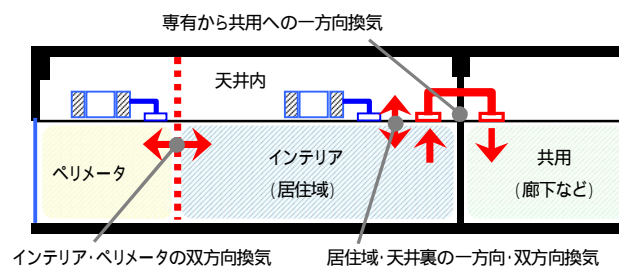


図1 ゾーン間換気概念図

インテリアとペリメータのような一体空間の場合は双方向換気、パス換気を行う場合は、一方向換気など、多様なゾーン間の状況に対応できる。また、スケジュール設定によって、非空調時、空調時の使い分けが可能である。

### 3. 多数ゾーンの定義

BESTでは、室グループ、室、ゾーンの3階層の定義を行う。「室グループ」とは、相互に熱的影響がある室のまとまり、「室」とは、閉空間あるいは閉空間に近い空間、「ゾーン」とは、室の内部を水平方向に分割した空間を定義できる。

ゾーンの定義方法による熱負荷計算結果への影響を把握するためにモデルビルを用いた熱負荷計算を行った。図2、表1に計算モデル概要、表2にモデル計算条件を示す。

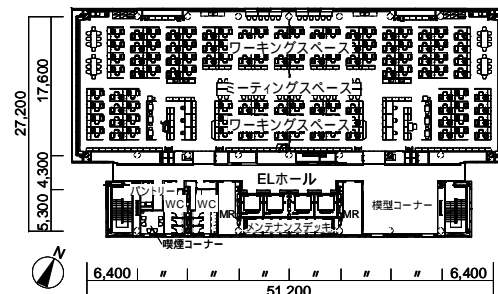


図2 計算モデル

表1 計算モデル概要

建物概要	建物名称	Aビル
	建設地	東京都
	建物用途	事務所
	建築面積	1497.75m <sup>2</sup>
	延床面積	20580.88m <sup>2</sup>
	階数	地上14階、地下1階
構造	S造、一部SRC造、RC造	

表2 モデル計算条件

室内温湿度条件	冷房時	26 DB、50%RH
	暖房時	22 DB、40%RH
空調時間	8:00~22:00 (予冷熱時間 30分)	
気象条件	2006年 東京	
内部発熱	人体	
	照明	
	機器	
	躯体条件	
	外壁仕様	内壁仕様
	ガラス仕様	スラブ仕様

4. パス換気による熱的影響

トイレは一般に熱負荷計算時においてモデリングの対象とはならず、また、影響を考慮する場合は隣室温度差係数を用いるのが一般的である。一方、本論文ではトイレをモデリングし、空調室からトイレへのパス換気を設定することで、空調室が非空調室へ与える熱的影響を検討することとした。このような熱負荷計算を行うのは、図3のように廊下、トイレの空調が空調室からのパス換気のみで良いか否かを適切に判断するために重要な検討となると考えるからである。事務室内のモデルは3章で定義したモデルを用い、トイレのコア配置を表3,4のように3ケース別に入力し、窓面積率、外壁面数別にゾーン間換気量の変化による熱的影響を計算した。空調時間帯は8時~22時、予冷熱時間は30分とした。気象データはBEST内に収録される、最大熱負荷計算時に使用する東京の設計用気象データを用いた。

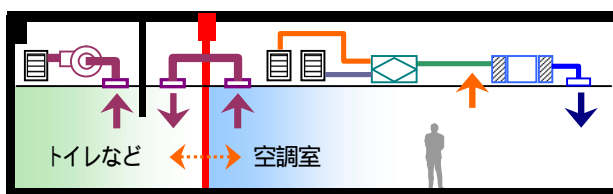


図3 非空調室へのパス換気

表3 非空調室計算ケース

ケース 一面外壁	
ケース 二面外壁	
ケース 三面外壁	

表4 非空調室計算条件

ゾーン間換気	トイレ 20回換気相当、15回換気相当、10回換気相当、5回換気相当
ガラス	複層ガラス (熱線吸収12mm+透明6mm)
窓面積率	0%、30%、60%、80%

図4に外壁1面、2面、3面別、窓面積率別、トイレを空調した時の冷房最大熱負荷計算結果を示す。外壁の面数、窓面積率による影響が大きい結果となった。さらに、図5のようにパス換気による冷房負荷処理熱量を把握することができる。トイレ室内を28、15回換気設定とすると、2面外壁で窓面積率が30%以上の場合は、空調を要することがわかる。また、パス換気処理熱量を負荷計算で把握することで、トイレ空調機容量を過大に見込むことも防ぐことができる。

図6に夏季代表日のケース、におけるトイレ室内の就業時間中の最高室温計算結果を示す。気象データは、BESTに収録される設計用気象データ<sup>注3)</sup>を用いた。通常のトイレ仕様と考えられる、一面外壁、換気回数 15 回/h、窓面積率 30%のケースでは、パス換気でトイレ内夏季ピーク時でも28以下となる結果が得られた。また、窓面積率 0%であれば、夏季ピーク時でも室温は28程度に維持可能となる結果を得た。一方、窓面積率 60、80%の場合は、2面以上が外壁となった場合、室温は夏季ピーク時32を超える結果となった。この結果から、表5トイレの空調要否判定結果のように窓面積率、外壁面数別の必要換気回数、空調の要否をまとめた。2面が外壁に面するような場合は、パス換気だけでは、トイレ内を28以下に維持するのは困難と考えられる。

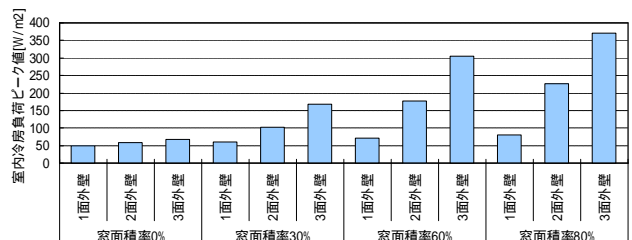


図4 トイレ空調時の冷房最大熱負荷計算結果

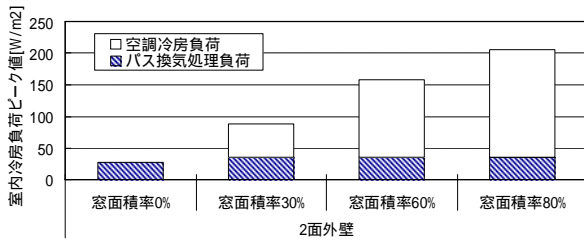


図5 パス換気による冷房負荷処理熱量

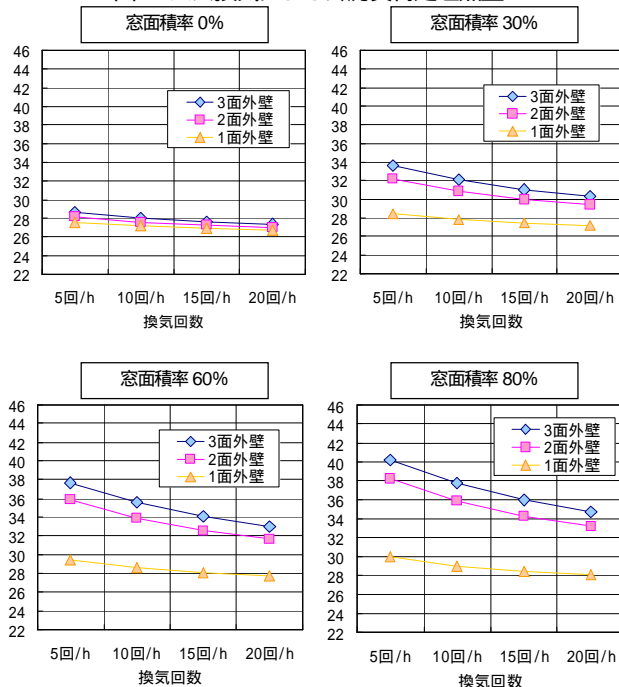


図6 トイレ室内の就業時間中の最高室温

表5 トイレの空調要否判定結果

窓面積率	0%			30%			60%			80%		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
外壁面数	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
換気回数 [回/h]	10	10	10	10	15	15	10	15	15	15	15	15
空調要否	×	×	×	×	○	○	×	○	○	×	○	○

夏季ピーク時、28 未満の場合空調不要 (×)、28 以上の場合空調必要 (○)

### 5. インテリア・ペリメータ間の相互熱影響

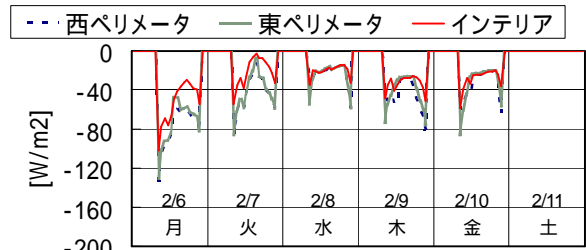
インテリアとペリメータゾーンの各負荷計算は、従来では相互間の熱的影響を考慮することは少ない。その場合、通常、インテリアとペリメータは一体空間であるので、ペリメータ部分は負荷を過剰に見込みすぎる可能性がある。一方、本論文ではゾーン間換気を設定することでインテリアゾーンとペリメータゾーンの熱的な相互影響を考慮することができる。そこでゾーン間換気考慮の有無による、最大負荷と室温の差異を検証した。ゾーン間換気風量は既往研究成果<sup>2),3)</sup>に基づき、ペリメータ容積基準で20回/hの換気回数として設定した。

図7に冬季代表週におけるゾーン間換気有無別のインテリア・ペリメータゾーンの暖房負荷計算結果を示す。ゾーン間換気を考慮すると、暖房負荷値は、インテリアは増加、ペリメータは減少傾向にあることが確認された。

図8にインテリア・ペリメータ負荷比率を示す。実績値はシミュレーションと同様2006年東京における値を用い、ペリメータゾーンとインテリアゾーンそれぞれの給気風量から負荷比率を算出した。ゾーン間換気無と実績値の乖離が大きいこと、ゾ

ーン間換気あり条件で、実績値に近い負荷比率となることからゾーン換気設定の有効性が確認された。

ゾーン間換気あり



ゾーン間換気なし

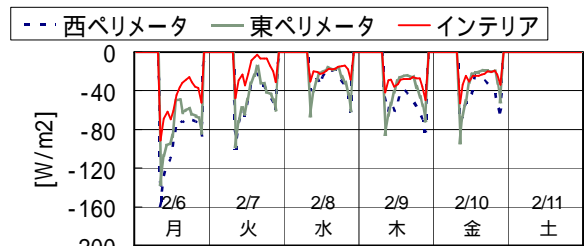


図7 インテリア・ペリメータ別負荷計算結果 (冬季代表週)

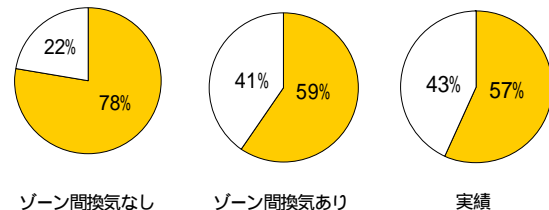


図8 インテリア・ペリメータ負荷比率

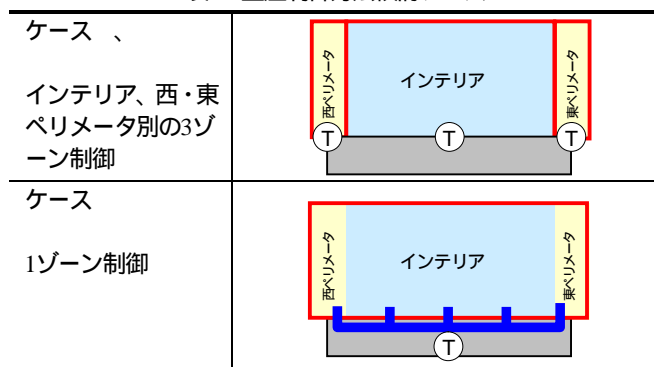
以上の結果から従来の負荷計算では、ペリメータ負荷をやや大きめ、インテリア負荷をやや小さめに見込んでいる可能性がある。この影響を考察するために空調機選定基準の相違による室温変動への影響を検討した。表6に空調機選定方法検討ケースを示す。ケース、ではゾーン間換気有条件での負荷計算結果、ケースではゾーン間換気無条件での負荷計算を基に、それぞれ空調機を選定した。

さらにゾーン間換気を考慮した室温制御方法に関して検討を行った。表7に室温制御方法検討ケースを示す。ケース、では、インテリア・東西ペリメータのそれぞれ単独で室温制御を行う3ゾーン制御、ケースでは、インテリア・東西ペリメータの混合温度で室温制御を行う1ゾーン制御とした。

表6 空調機選定方法検討ケース

	ケース、	ケース
空調機選定基準	ゾーン間換気有条件での負荷計算結果	ゾーン間換気無条件での負荷計算結果 (従来負荷計算)
建物負荷条件	ペリメータ・インテリア間でゾーン間換気を設定	

表7 室温制御方法検討ケース



Ⓣ 室温制御用温度計      ———— ゾーン境界線

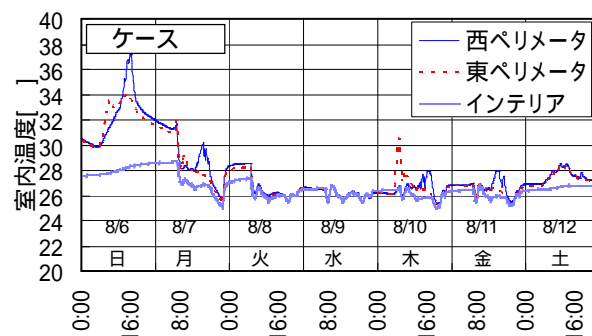
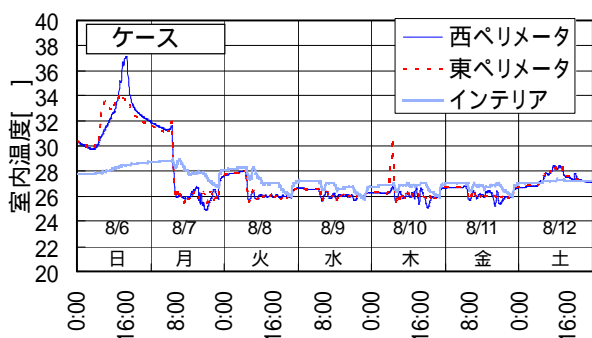
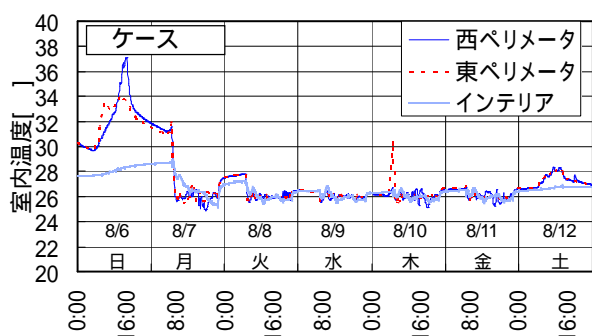


図9 空調機選定方法・室温制御方法検討計算結果

図9に計算結果を示す。ケース2では、インテリア部分の負荷に対して、空調機容量が過小に選定されているために、室温変動がケース1に比べ、最大で約1.7℃高い結果となった。一方、ペリメータ部分の室温はケース1に比べ、最大で約1.0℃低い結果となった。一方、ペリメータ部分の室温はケース2とケース3でほとんど変化は見られなかった。実際には安全率などで空調機容量が小さく選定される可能性は低いものの、ゾーン間換気を設定することで、各ゾーンに対してより適切な空調機容量の選定が可能となると考えられる。

ケース1に比べ、ケース2では、東・西ペリメータの室温がやや上昇傾向にある。これは、ケース2では1ゾーン制御のため、負荷密度の高いペリメータ側で未処理負荷が発生しているためである。

## 6. 結

オフィスにおけるゾーン間換気と相互影響の解析について、考察を行い、以下の知見を得た。

- 1) 非空調室の室温計算にゾーン間換気を適用し、空調室が非空調室へ与える熱的影響を検討した。非空調室の代表例として、トイレへのパス換気を想定した室温計算を行った。窓面積率、外壁面数別の室温状況から条件別の空調要否を示した。
- 2) インテリア・ペリメータ間のゾーン間換気の影響に関する考察を実績値との比較によって行った。その結果、ゾーン間換気を設定することで、インテリア・ペリメータの負荷比率が実績値に近づくことを確認した。
- 3) ゾーン間換気を考慮したインテリア・ペリメータ別の空調負荷について考察した。ゾーン間換気を考慮した空調機容量選定によってインテリア側の室内温度をより設定温度に近似させる結果となった。
- 4) インテリア・ペリメータのある専有部内室温制御方法について考察した。3ゾーンそれぞれで室温制御する方法に比べ、1ゾーンでの室温制御は、負荷密度の高いペリメータ側で未処理負荷が発生し、室温が設定温度よりもやや上昇傾向にあることを確認した。

### 【謝辞】

本報は、(財)建築環境・省エネルギー機構内に設置された産官学連携による環境負荷削減のための建築物の総合的なエネルギー消費量算出ツール開発に関する「BEST コンソーシアム」・「BEST 企画委員会(村上周三委員長)」および専門版開発委員会(石野久彌委員長) 行政支援ツール開発委員会(坂本雄三委員長) 統合化構想 WG(石野久彌主査)の活動成果の一部であり、関係各位に謝意を表するものである。統合化 WG 名簿(順不同) 主査: 石野久彌(首都大学東京名誉教授)、委員: 一ノ瀬雅之(首都大学東京) 大西晴史(関電工) 内海康雄(宮城工業高等専門学校) 木下泰斗(日本板硝子)、工月良太(東京ガス)、郡公子(宇都宮大学)、菟田英晴(鹿島建設)、佐藤誠(佐藤 ER)、芝原崇慶(竹中工務店)、新武康(清水建設)、菅長正光(菅長環境設備事務所)、高橋亜璃砂(大林組)、田中拓也(大成建設)、長井達夫(東京理科大学)、二宮秀興(鹿児島大学)、野原文男、長谷川巖、二宮博史、丹羽勝巳、久保木真俊(以上、日建設)、保木栄治(東京電力)、柳井崇、品川浩一(以上、日本設計)、事務局: 生稲清久(建築環境・省エネルギー機構)

### 【参考文献】

- 1) 村上周三、石野久彌、坂本雄三、郡公子、長井達夫他: 特集 The BEST Program、空気調和・衛生工学 第 88 巻 第 11 号、pp3-73、2008.11
- 2) 石野久彌: 最大熱負荷の精度に関する考察、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.709-710、1982.9
- 3) 郡公子、石野久彌: 温熱環境とエネルギー消費量の同時評価法に関する研究、日本建築学会計画系論文報告集、第 365 号、pp.40-48、1986.7