

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 176)  
PMV 設定値を与えた場合の最大負荷感度解析

Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Building and MEP Systems, the BEST  
Part176. Peak Load Sensitivity Analysis by PMV Control

正会員 ○大浦 理路 (日建設) 特別会員 村上 周三 (IBEC)  
技術フェロー 石野 久彌 (首都大学東京) 技術フェロー 郡 公子 (宇都宮大学)

Masamichi OURA\*1 Shuzo MURAKAMI\*2 Hisaya ISHINO\*2 Kimiko KOHRI\*3

\*1 Nikken Sekkei Ltd. \*2 Institute for Building Environment and Energy Conservation \*3 Tokyo Metropolitan University  
\*3 Utsunomiya University

The size of an air conditioning system is generally based on the peak load of the HVAC zone. Although the peak load is calculated to maintain the set-point of temperature and humidity to optimize the indoor thermal environments, the human comfort is attributed to factors other than temperature. A sensitivity analysis of peak loads was performed on temperature control and PMV control under various scenarios with different architectural design factors.

序

空調機器の容量は当該空調ゾーンの最大負荷を基に設計を行う。この最大負荷は、室内環境を担保するため、空調ゾーンの温湿度を一定にするように負荷計算を行うことで決定されているのが一般的であるが、在室者の快適性は、温度以外の要素にも起因するとされている。つまり、空調機器容量の選定と人体の快適性の決定に乖離があるということである。

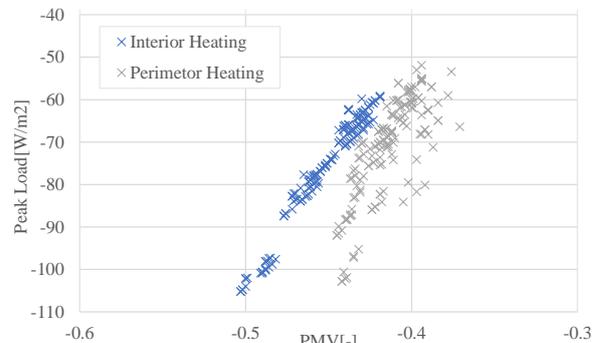
図 1 に室温を設計値とする場合の最大負荷と温熱環境評価指標(以下 PMV)の相関特性を示す。解析条件を表 1 に、対象モデル及び PMV の算出条件は次章に示す。PMV は室温・平均放射温度・相対湿度・平均風速・着衣量・作業量の 6 要素により人体の快適性を記述するものである。室内設定温度は暖房(22℃)、冷房(26℃)共に一定であるが、最大負荷の絶対値が上昇するにつれ、PMV の絶対値も上昇している。つまり、室温は一定であるにもかかわらず、最大負荷が大きくなるのに従い、人体の快適性が損なわれていることがわかる。PMV 制御を基に空調機容量の選定を行うことで、我々はより快適な室内環境を保證することができるものと考えられる。

しかし、同一の建物情報、設備システム、人体条件で室温制御から PMV 制御に変更した場合、上記の結果から空調機容量は大きくなることが予想される。従って、設計の意思決定の指針として、人体の快適性を保証しながらエネルギー的に効率的な建築要素の操作を把握する必要がある。

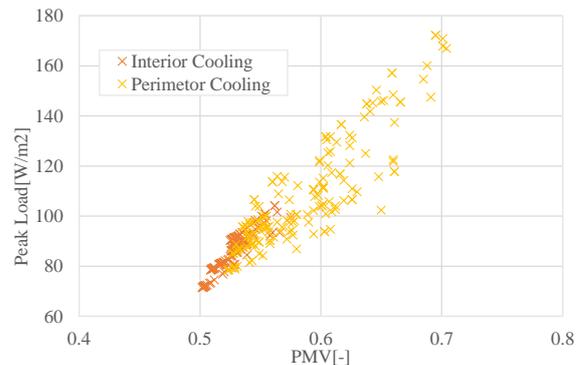
本報では、BEST の非連成計算における室温制御と PMV 制御それぞれについて、建築要素の操作による最大負荷の感度解析について考察を行う。

表 1 解析条件 1

気象	拡張アメダス気象データ(東京、札幌、仙台、富山、福岡、鹿児島、那覇)
建物方位	S、SW、W、NW、N、NE、E、SE
内部発熱	機器:15W/m <sup>2</sup> 、在室人員:0.15人/m <sup>2</sup> 、照明:15W/m <sup>2</sup>
窓	複層ガラス(Low-E+透明)、内側明色ブラインド(常時閉) エアフローウィンドウ(Low-E+透明)、内側明色ブラインド(常時閉) ダブルスキン(透明+(Low-E+透明))、内側明色ブラインド(常時閉)
室温制御	夏季冷房:26℃(冷却除湿60%) 冬季冷房:26℃(冷却)、冬季暖房:22℃(加熱加湿50%) 中間期冷房:26℃(冷却)、中間期暖房:22℃(加熱)



(1) 暖房時



(2) 冷房時

図 1 室温を設計値とする場合の最大負荷と室内環境の相関特性

# 1. 対象モデルおよびシミュレーション概要

計算対象室は図2に示すようなペリメータゾーンとインテリアゾーンからなる単純な2ゾーンオフィス断面である。

計算対象をBEST 専門版において最大負荷計算を行うことで、最大負荷発生時の室温およびPMV(算出条件表2)の相関を求める。本報では、BESTにおける最大負荷計算の際に、ブラインドを常時開とした。これは、日射による影響がブラインドの日射遮蔽効果によりマスキングされ、最大負荷が予冷時の空調機立ち上がり時刻に集中し、室温制御とPMV制御の感度が同一になるのを回避するためである。冷房負荷の時系列変動の例を図3に示す。

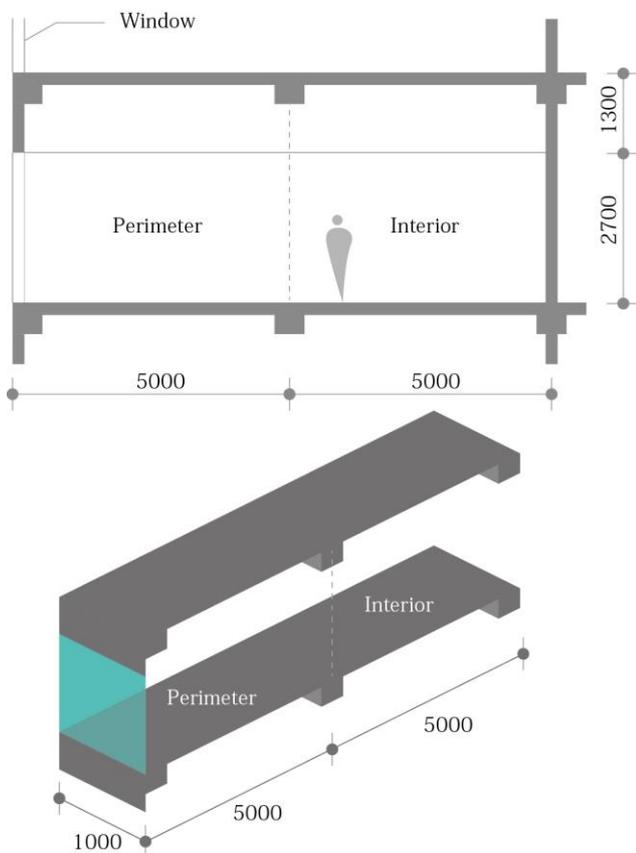


図2 計算対象室

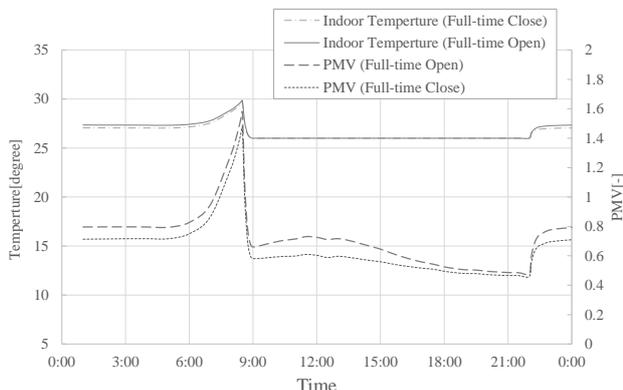


図3 冷房室温とPMVの時系列変動

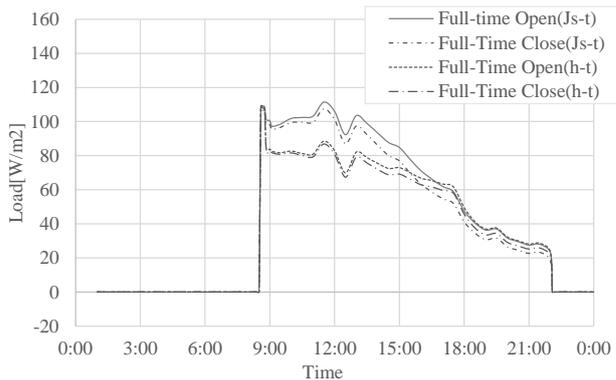


図4 冷房負荷の時系列変動

表2 PMV 算出条件

期間	代謝量	着衣量	気流速度
夏季	1.2Met	0.6clo	0.2m/s
冬季		0.85clo	
中間期		0.7clo	

# 2. PMV を設計値とする場合の最大熱負荷の算出

BEST は非連成計算の場合、入力にPMVを要していないが、PMVと室内温度、最大負荷それぞれとの関係より以下の手順で算出することが可能である。

- ① 室内設定温度と最大負荷出現時のPMVの相関を算出
- ② PMV設計値における設定温度を同定
- ③ 室内設定温度と最大負荷の相関を算出
- ④ ②の設定温度における最大負荷を同定

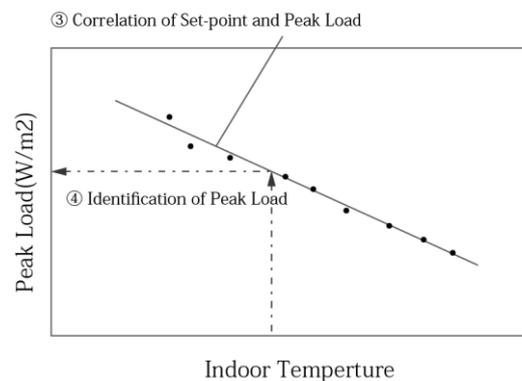
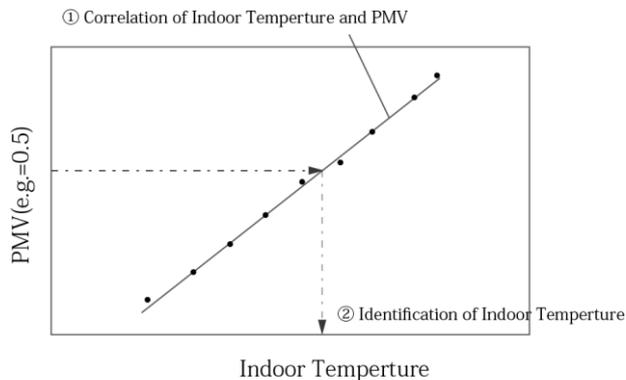


図5 PMV設計値による最大負荷の算出方法

### 3. PMV を設計値とする場合と室温を設計値とする場合の最大負荷特性に関する考察

#### (1) 建物方位による影響

建物方位は南(0度)、西(90度)、北(180度)、東(270度)とする。各方位について五段階の室温制御に基づく、最大負荷発生時の室温とPMV、最大負荷の相関曲線を得て、PMV設定値(冷房時=0.5、暖房時=-0.5)における最大負荷を得た。図に併記している室温制御における最大負荷は、冷房時26度、暖房時22度である。

暖房時は室温制御に比して、インテリア・ペリメータともにPMV制御の最大負荷がほぼ同じとなった。また、室温制御とPMV制御で、方位の変化率に対する感度もほぼ同じである。これは最大負荷発生時の気象条件がt-Jh基準(気温が低く、日射量が少ない)であるため、平均放射温度の寄与が小さく、最大負荷に対して温度が支配的となったためであると考えられる。

冷房時、インテリアにおいては暖房同様特筆すべき差異は見受けられなかったが、ペリメータでは北向きから東西へ変化した際に室温制御とPMV制御で感度が異なる。日射の影響が大きい方位では、最大負荷に対する影響について平均放射温度が温度を卓越するためである。

表3 解析条件

気象	拡張アメダス気象データ(東京) 標準年
建物方位	S, SW, W, NW, N, NE, E, SE
内部発熱	機器:15W/m <sup>2</sup> 、在室人員:0.15人/m <sup>2</sup> 、照明:15W/m <sup>2</sup>
窓	複層ガラス(Low-E+透明)、内側白色ブラインド(常時開)
室温制御	夏季冷房:28℃、27℃、26℃、25℃、24℃ (冷却除湿60%)
	冬季冷房:28℃、27℃、26℃、25℃、24℃ (冷却)
	冬季暖房:24℃、23℃、22℃、21℃、20℃ (加熱加湿50%)
	中間期冷房:28℃、27℃、26℃、25℃、24℃ (冷却)
	中間期暖房:24℃、23℃、22℃、21℃、20℃ (加熱)

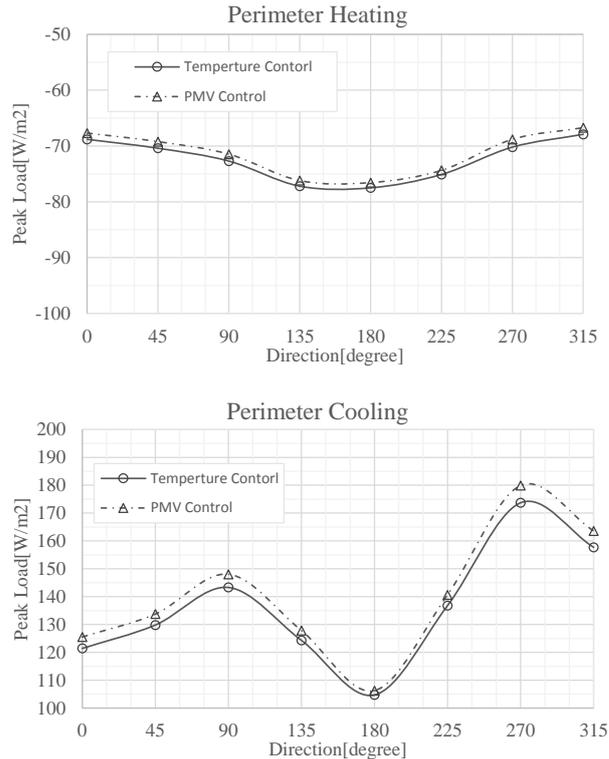
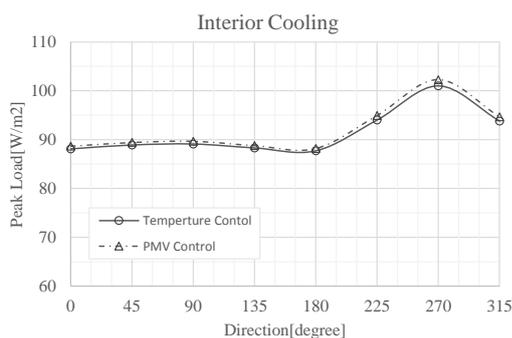
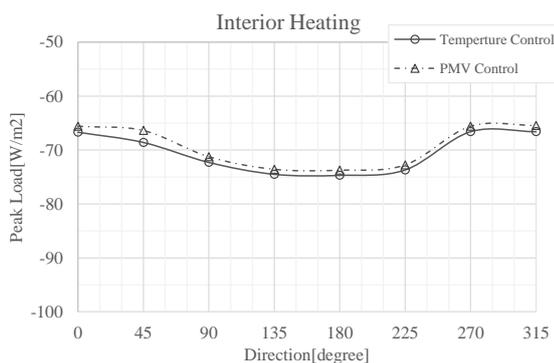


図6 建物方位による最大負荷の変化

#### (2) 窓面積率による影響

窓面積率は37.5%から82.5%の7段階とする。暖房時と、インテリア冷房時の挙動は前項にて説明したものと同様であったため、図の記載を一部省力した。ペリメータの冷房において、室温制御に比して窓面積率に対するPMV制御の感度が高いことがわかる。

同条件下にてPMV制御値を変化させた際の窓面積率に対する最大負荷の感度を考察する。図8にPMV制御値による最大負荷の変化を示す。冷房暖房共にPMV制御値を0に近づけるに従い、つまり室内環境の快適性を向上させるに従い、最大負荷が増える傾向にある。暖房では、PMV=0.5のときに最大負荷が室温=22度よりも小さかったが、PMV=0.45付近で逆転する。また、PMV制御値を厳しくすることによる最大負荷の感度の変化は見受けられなかった。これは室温とPMV、室温と最大負荷の相関曲線が一次関数であるためである。

表4 解析条件

気象	拡張アメダス気象データ(東京) 標準年
建物方位	S
内部発熱	機器:15W/m <sup>2</sup> 、在室人員:0.15人/m <sup>2</sup> 、照明:15W/m <sup>2</sup>
窓	エアフローウィンドウ(Low-E+透明)、内側白色ブラインド(常時開) 窓面積率(37.5%、45%、52.5%、60%、67.5%、75%、82.5%)
室温制御	夏季冷房:28℃、27℃、26℃、25℃、24℃ (冷却除湿60%)
	冬季冷房:28℃、27℃、26℃、25℃、24℃ (冷却)
	冬季暖房:24℃、23℃、22℃、21℃、20℃ (加熱加湿50%)
	中間期冷房:28℃、27℃、26℃、25℃、24℃ (冷却)
	中間期暖房:24℃、23℃、22℃、21℃、20℃ (加熱)

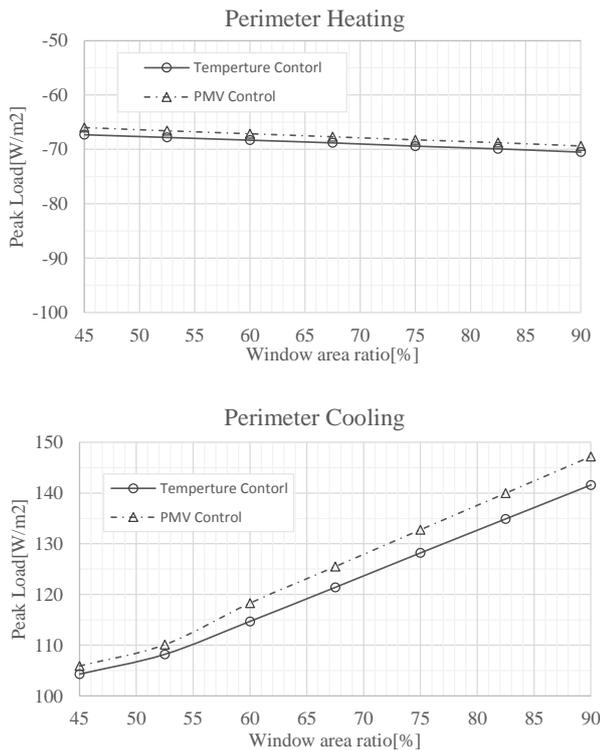


図7 窓面積率による最大負荷の変化

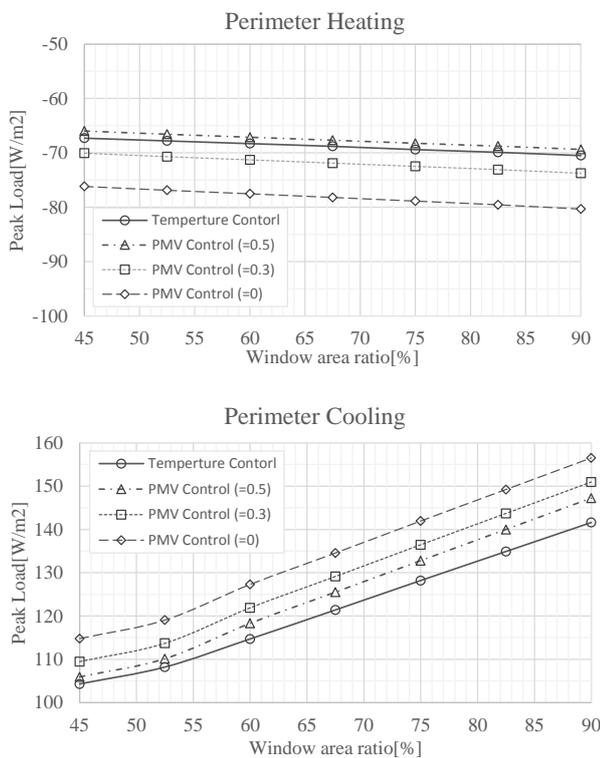


図8 PMV 制御値による最大負荷の変化

### (3) 日射熱取得率による影響

窓性能値(日射熱取得率)は0.092から0.67の4段階とする。窓性能が向上すると、室温制御とPMV制御について差異がみられなくなることがわかる。

表5 解析条件

気象	拡張アメダス気象データ(東京) 標準年
建物方位	S
内部発熱	機器:15W/m <sup>2</sup> 、在室人員:0.15人/m <sup>2</sup> 、照明:15W/m <sup>2</sup>
窓	エアフローウィンドウ(Low-E+透明)、内側明色ブラインド(常時間)、窓面積率(67.5%)、日射熱取得率(0.092)
	複層ガラス(Low-E+透明)、内側明色ブラインド(常時間)、窓面積率(67.5%)、日射熱取得率(0.3)
	複層ガラス(セラミックプリント+透明)、内側明色ブラインド(常時間)、窓面積率(67.5%)、日射熱取得率(0.49)
	複層ガラス(透明+透明)、内側明色ブラインド(常時間)、窓面積率(67.5%)、日射熱取得率(0.67)
室温制御	夏季冷房:28℃、27℃、26℃、25℃、24℃ (冷却除湿60%) 冬季冷房:28℃、27℃、26℃、25℃、24℃ (冷却) 冬季暖房:24℃、23℃、22℃、21℃、20℃ (加熱加湿50%) 中間期冷房:28℃、27℃、26℃、25℃、24℃ (冷却) 中間期暖房:24℃、23℃、22℃、21℃、20℃ (加熱)

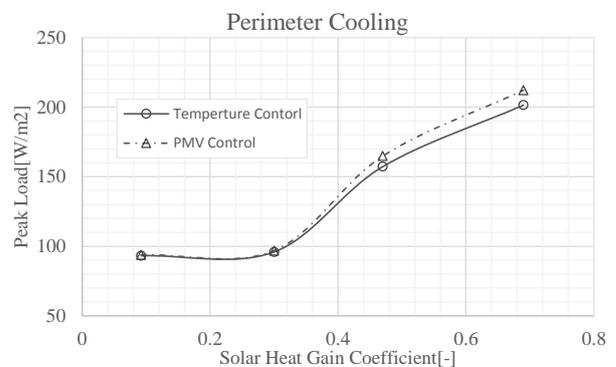


図9 窓性能値(日射熱取得率)による最大負荷の変化

### 結

本報では、BESTの非連成計算における室温制御とPMV制御それぞれについて、建築要素の操作による最大負荷の感度解析について考察を行った。ブラインド開としても室温制御とPMV制御の冷房負荷に大きな差が見られなかった。理由は以下の3点が考えられる。

- 蒸暑気象で湿度が高く、日射が比較的弱いh-t基準でも冷房負荷が発生しやすい。
- 高性能ガラスによりブラインド影響が比較的小さい。
- ペリメータゾーニングが広域なため、窓まわりの影響が押し並べられてしまっている。

ブラインドの制御状況や各方位における適当な気象条件の検討、適切なゾーニング等、未熟な部分が多数残っており、今後も検討の余地が大いに有ることをここに断る。

### 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)」、統合化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ものである。