

オフィスの熱性能解析のための BEST シミュレーション  
 (第1報) 標準オフィスの代表週間特性と計算時間間隔の検討

Simulations for Thermal Performance Analysis of Office Buildings by Using the BEST

Part 1 Thermal Characteristics of a Typical Office Building  
 for typical weather weeks and an Examination on Time Steps

正会員 石野 久彌 (首都大学東京名誉教授) 正会員 郡 公子 (宇都宮大学)  
 学生会員 ○小林 信裕 (宇都宮大学大学院)

Hisaya ISHINO\*<sup>1</sup> Kimiko KOHRI\*<sup>2</sup> Nobuhiron KOBAYASHI\*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> Tokyo Metropolitan University \*<sup>2</sup> Utsunomiya University

This paper analyzes the space thermal environment and thermal load in a typical glass office building through simulations by using a building energy and environment simulation tool, the BEST. The parameters for PID control of space temperature and humidity were presented and the stability as well as the thermal load were examined for various simulation time steps.

序

本研究は、オフィスの室内環境・熱負荷解析を行うと同時に、建築エネルギーシミュレーションツールBESTの有効性を確認することを目的としている。BESTは計算時間間隔可変、建築熱計算の解法切り替え、作用温度・PMVによる評価、構成機器やゾーンモジュールを利用した空調システムの自由な接続が可能などの特徴を持つ。本報では、ガラス建築の標準オフィスで代表週間特性と計算時間間隔の検討を行う。

1. 標準計算条件

low-ε 複層ガラスを使用するガラス建築を標準計算条件として設定した(図1~3、表1)。気象データは大阪である。内部発熱スケジュールは、実測値をもとに作成した30分間隔値を直線補間して利用した。空調システムシミュレーションには、ZoneModuleと簡易機器モジュールであるAHU Moduleクラスを使用した。空調時間帯は5分間隔にエクソプリシット法で、非空調時間帯は、1時間間隔を基本にインプリシット法で解いた。

2. 標準条件の計算結果

図4、図5に夏期、冬期の代表一週間時刻変動を示す。図4より、日射変動の激しい日には、制御の追従性の限界から空調時の室温が小刻みに変動する、空調時間帯の作用温度は、設定室温よりインテリアゾーンは0.5K程度、南、北ゾーンは1K程度、東、西ゾーンは1.5k程度まで高くなることわかる。また湿度制御は行わないため、成行き除湿が原因で、冷房負荷の大きな時間帯に湿度が低くなる。休日の日中の室温は、ゾーンにより34~40℃近くまで達している。設定室温26℃では、空調時間帯のPMVはほとんど快適域に入らないことがわかる。細かい変動の内部発熱スケジュールを使用したことから、昼休み時間帯の室負荷が現実的なものになった。図5より、空調

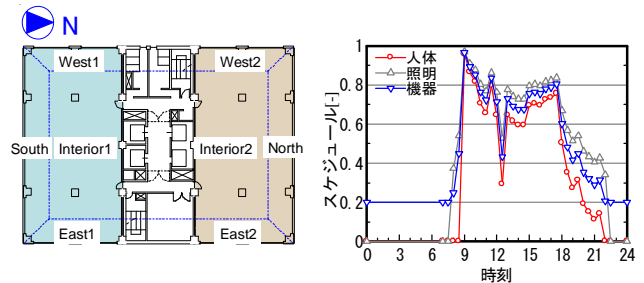


図1 標準オフィスの基準階平面図 図2 内部発熱スケジュール

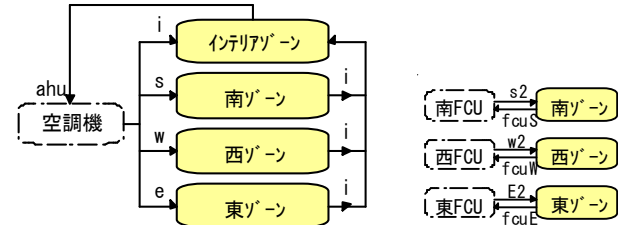


図3 空調システム接続概念図

表1 標準条件

気象	大阪2006年実データ(1分間隔)
室	南北室床面積:302.6㎡、ベリメータ奥行き:5m、天井高:2.7m、窓:高さ2.7m、窓面積率68%
壁体材料	外壁 吹付け硬質ウレタン(フロン発泡)25mm、普通コンクリート150mm、モルタル20mm、タイル80mm、日射吸収率0.7、長波長放射率0.9
	内壁 モルタル25mm、普通コンクリート150mm、モルタル25mm
	床 カーペット類6mm、普通コンクリート22mm、非密閉空気層、普通コンクリート150mm、非密閉空気層、石膏板9mm、岩綿吸収音板12mm
	窓 Low-eグリーン(銀2層)+透明、ガラス厚8mm、空気厚6mm、中間色ブラインド
進入外気量	0.2回/h
ゾーン換気量	200CMH/m(インテリアベリメータ間)
内部発熱(最大値)	照明 20W/㎡、機器タイプ:露出型
	人体 0.15人/㎡、1.2met、0.6clo(6-9月)、0.85clo(12-3月)、0.7clo(4.5,10,11月)
機器	15W/㎡(顕熱)
空調条件	空調時間:8:00~22:00、設定室内湿温度:冷房26℃、暖房22℃50%、除湿時吹出湿度90%、冷暖房期間:冷房5-10月、暖房11-4月、空調方式:FCU併用AHU(CAV)方式、AHUはベリメータゾーンにも熱供給、風量:AHU 7回/h(室容積基準)、FCU 15回/h(ベリメータ容積基準)、外気量:1.4CMH/㎡、冷温水供給:冷房期-冷水、暖房期-FCUは温水、AHUは冷温水

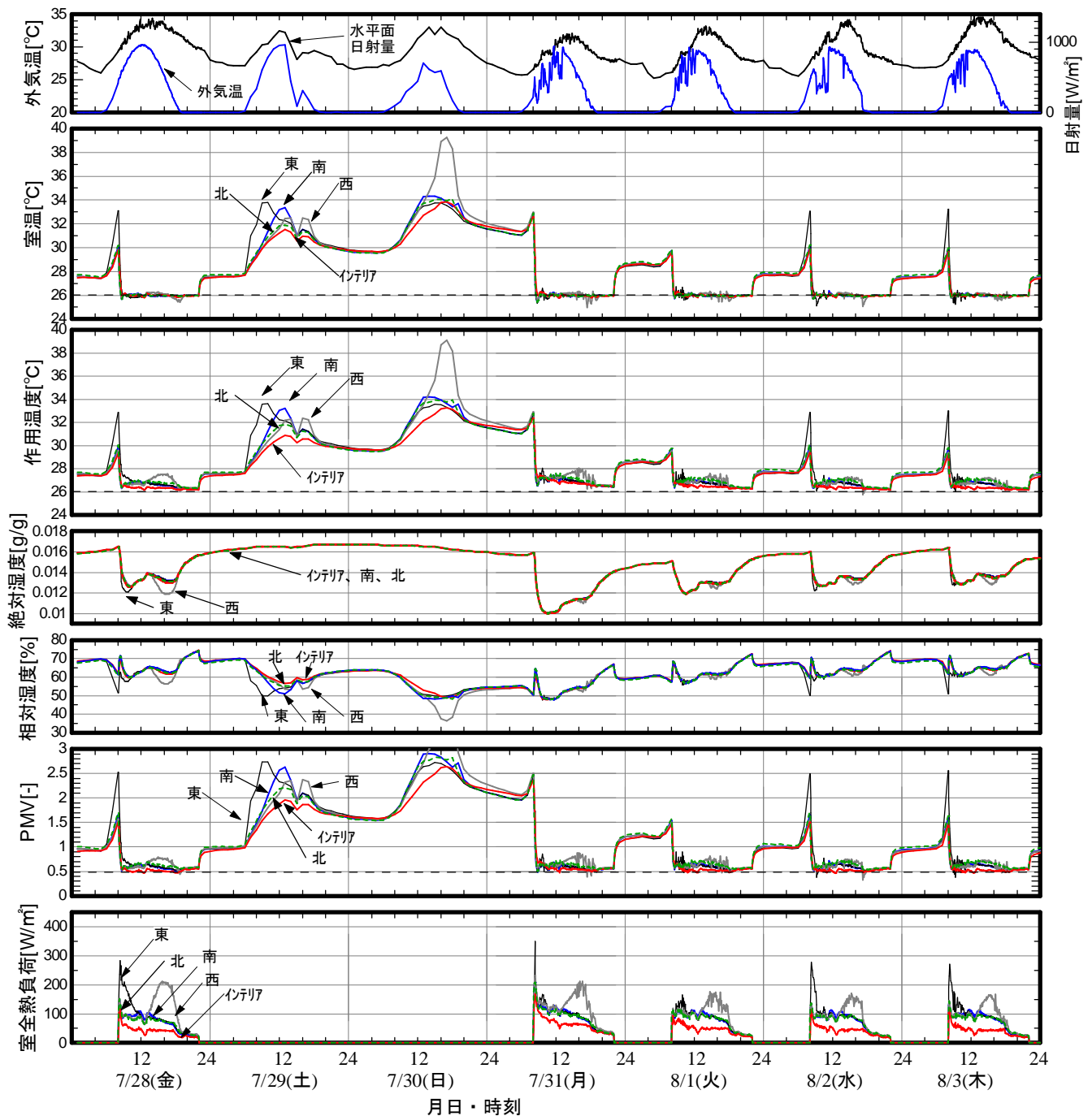


図4 夏期代表1週間の室内環境・室負荷時刻変動

開始直前の室温は、17～19℃程度であること、南ゾーンは、天気がよい日の日中には、設定室温22℃に対して3K近く上昇する。作用温度が室温より低い場合でも、ゾーンによらずその差は0.5K以内であることが多い。空調時間帯のPMVは、どのゾーンも快適域にほぼ入る。また、暖房負荷は、空調開始時と日没後に発生する程度である。

図6、7に月別の室負荷と室内環境を示す。8月室負荷で比較すると、南ゾーンに対して、東、西ゾーンは、14、18%多く、北ゾーンは8%少なかった。冬期南ゾーンの冷房負荷がかなりあるため、年間負荷は南ゾーンが最も大きくなった。図7から、8月の空調時

作用温度は設定室温より0.5～1K近く高い、空調時平均PMVは、着衣量が同じ期間でも、月により0.2～0.3の差が生じる。

### 3. 計算間隔ケーススタディ

空調時間帯の計算時間間隔は、エクスプリシット法で解くことと制御の安定性の点から、あまり大きくとることはできない。安全側に設定した標準条件の5分間隔に対し、計算時間間隔を大きくすると、どのような影響が出るかを確認した。空調時間帯の計算時間間隔として5、10、15、20、30分間隔の5ケースを対象に、まず共通に使用可能なPID制御パラメータがあるかどうかを調べた。夏期は室温制御、冬期は室温制御

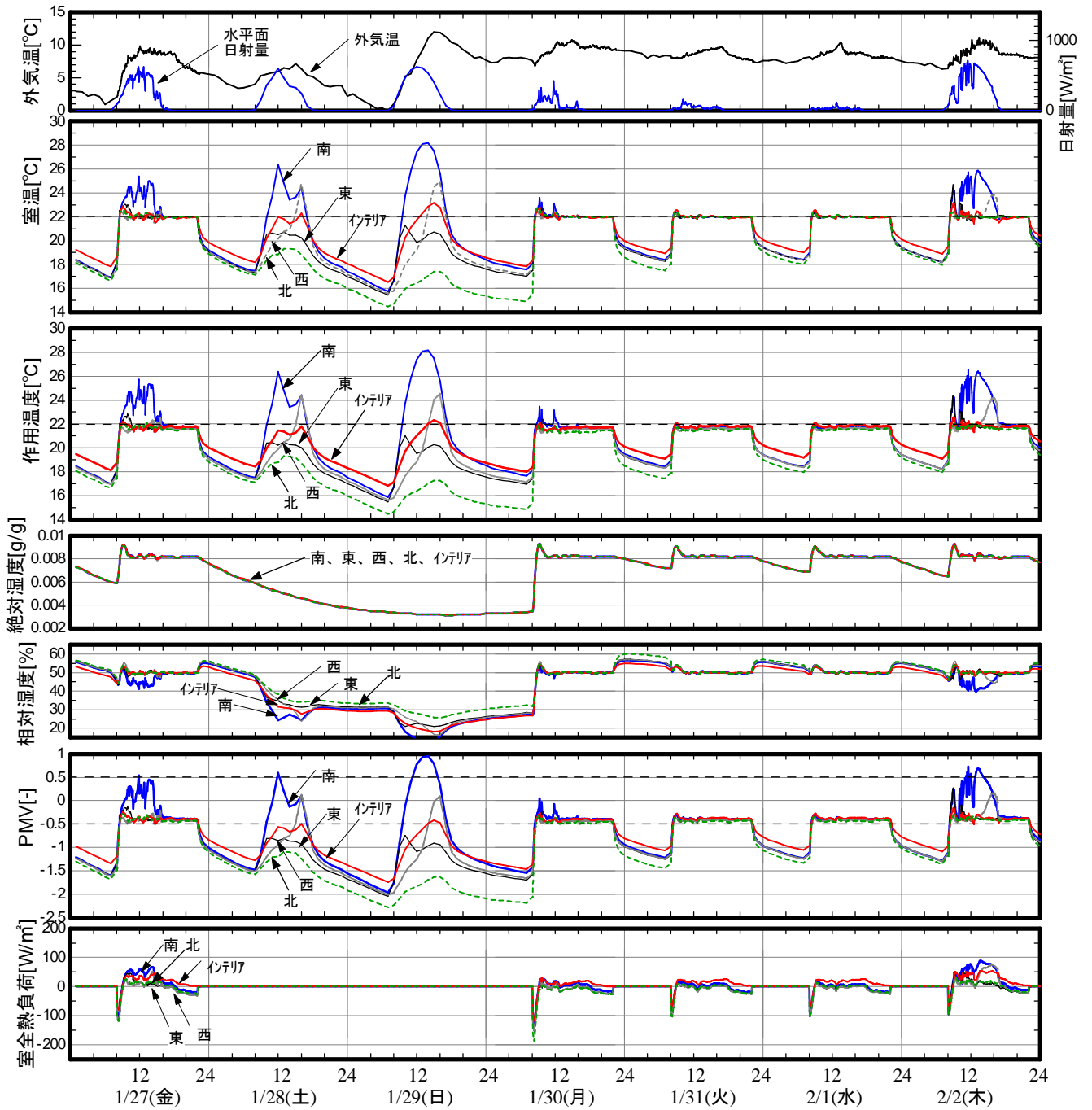


図5 冬期代表1週間の室内環境・室負荷時刻変動

と相対湿度制御である。30分間隔のときに冬期制御でやや不安定になるものの、共通のパラメータを設定することができた。このパラメータを用いて5ゾーンの年間計算を行った。結果を図8、9に示す。計算時間間隔が大きくなるにつれて積算負荷が大きくなり、夏期の冷房負荷で比較すると、5分間隔に対して、10、15、20分間隔にすると2%程度ずつ増加し、30分間隔にすると15%程度増加する。図9より、計算時間間隔を大きくすると、空調開始時の負荷が大きくなっていることがわかる。

#### 4. まとめ

標準ケースについて一週間の変動特性解析と計算時間間隔の検討を行った。

【注記】室負荷は各ゾーン発生室負荷を各ゾーン面積で除した値。

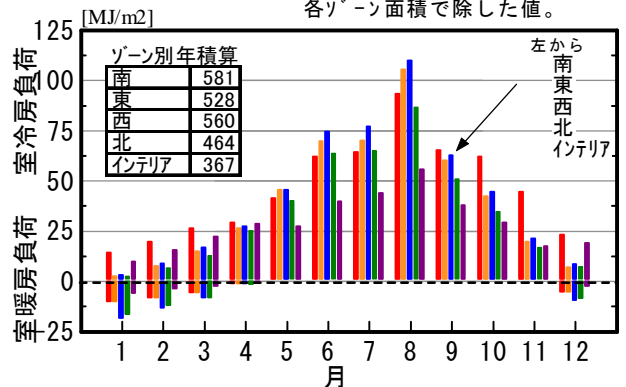
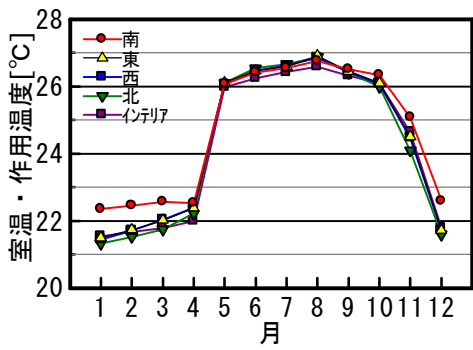
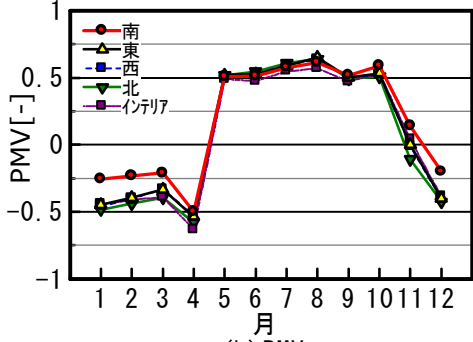


図6 月別室負荷



(a) 室温・作用温度



(b) PMV

図7 各ゾーンの空調時月平均室内環境

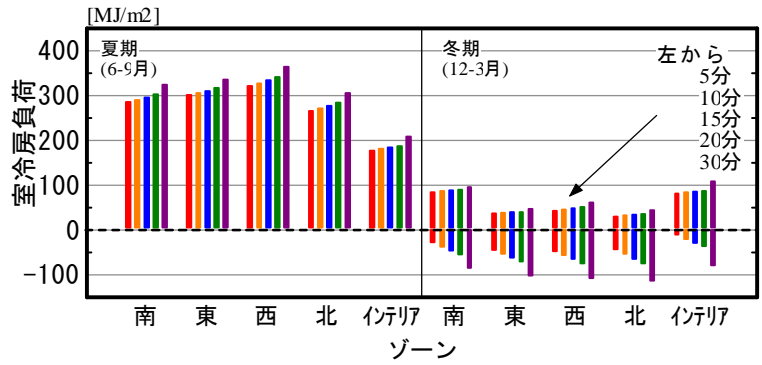


図8 計算時間間隔別年積算

【注記】

1) PID 制御の操作量

$$q(t) = K_p \cdot \theta(t) + (K_p/T_i) \times \int \theta(t) dt + (K_p \cdot T_d) \times d\theta(t)/dt$$

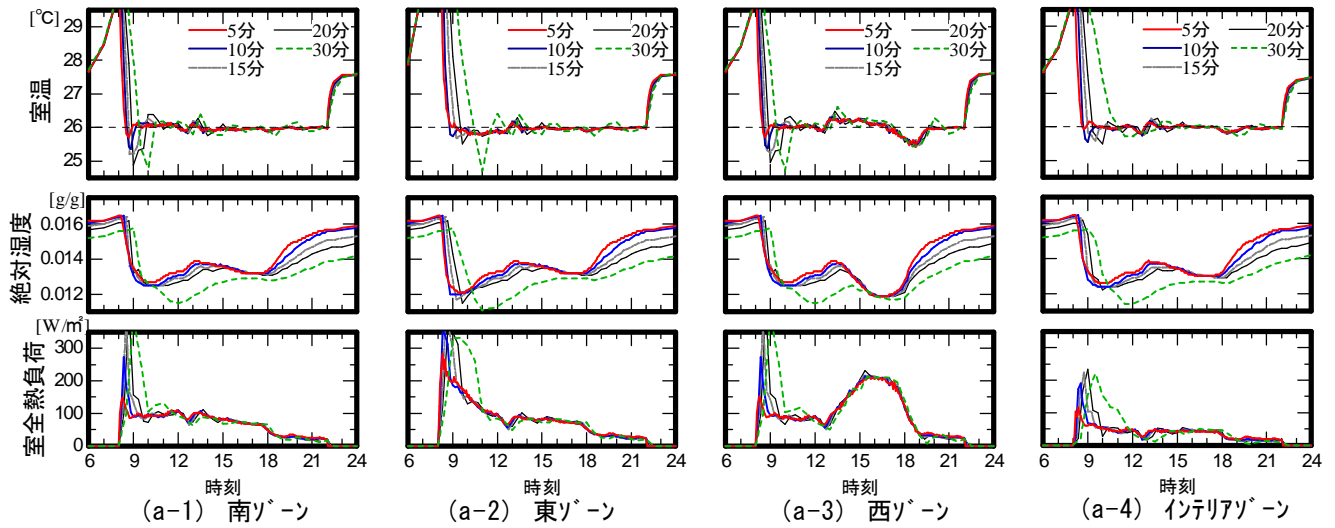
$t$ : 時間[sec]、 $q$ : 操作量(AHUでの空気温度変化量[K]あるいは絶対湿度変化量[g/kg])、 $\theta$ : 制御量の設定値からの偏差(温度差[K]あるいは相対湿度差[%])、 $K_p$ : 比例ゲイン、 $T_i$ : 積分時間[sec]、 $T_d$ : 微分時間[sec]

2) PID 制御のパラメータ

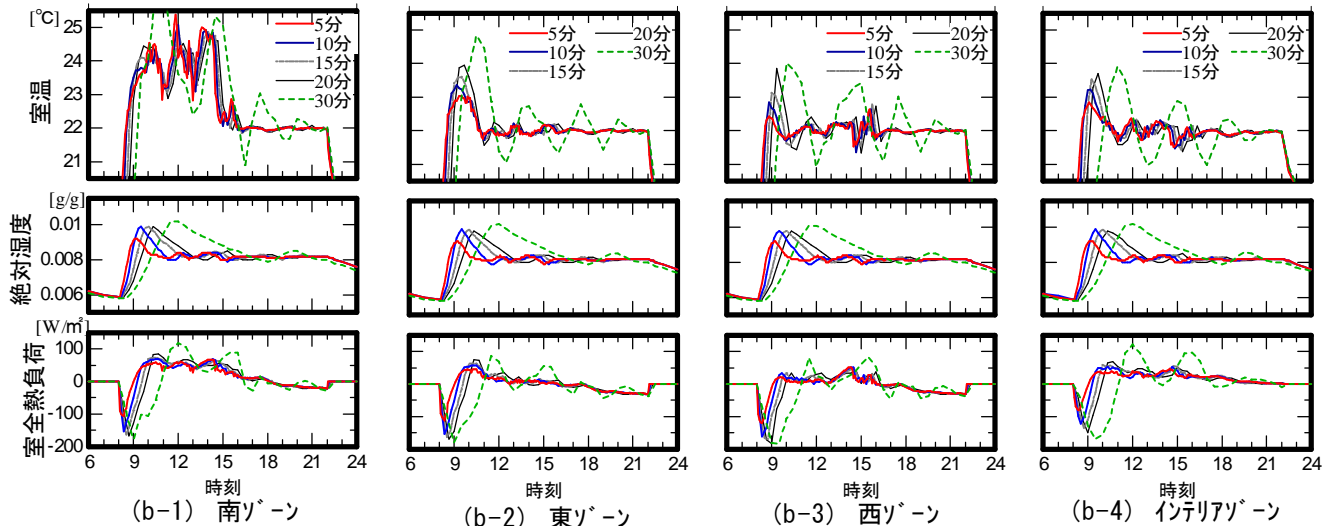
室温制御:  $K_p=2.3$ 、 $T_i=700\text{sec}$ 、 $T_d=100\text{sec}$

相対湿度制御:  $K_p=0.3$ 、 $T_i=1350\text{sec}$ 、 $T_d=0.\text{sec}$

【文献】1) 石野・村上・郡、芝原他: 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3)、(その13)、(その14)、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、pp. 1977-1980、2017-2024、2007.9 2) 小林・郡・石野: シミュレーションBESTによるオフィス熱負荷・熱環境解析 第1報、日本建築学会大会学術講演梗概集D-2、2008.9



(a) 夏期代表日 (7/28(金))



(b) 冬期代表日 (1/27(金))

図9 計算時間間隔別の変動特性