

BESTによるシミュレーション最前線 (その1)

村上周三
SHUZO MURAKAMI
(独立行政法人 建築研究所 理事長)

平林啓介
KEISUKE HIRABAYASHI
(新日本空調機)

芝原崇慶
TAKAYOSHI SHIBAHARA
(株竹中工務店)

石野久彌
HISAYA ISHINO
(首都大学東京 名誉教授)

木下泰斗
TAITO KINOSHITA
(日本板硝子(株) 主席技師)

田端康宏
YASUHIRO TABATA
(株日建設)

郡 公子
KIMIKO KOHRI
(宇都宮大学 准教授)

一ノ瀬 雅之
MASAYUKI ICHINOSE
(東京理科大学 助教)

はじめに

BESTは、開発をはじめて約4年になるが^{(1)~(7)}、昨年3月に第1版を発表した。その後、幾度かバージョンアップを重ねている。

BESTプログラムは超大型プログラムであるので機動力に欠けるように思われがちだが、例えば建築だけの単独計算、最大負荷だけの計算、空調サブシステムだけの計算などもできる。そして、全体を動かすにしても簡易版、基本版、専門版、詳細版と入出力を使い分けることができる。その時々使用する計算本体部エンジンは同一のものを利用するのである。現時点では、専門版を中心に開発しており、簡易版・基本版の試用段階というところである。

本稿と次号では、BEST開発メンバーによる検討事例を示していきたい。これらを元に一般ユーザには、更に興味深い検討を発見して頂き今後の機会に「こういう検討ができる」という紹介をBEST企画委員会に投稿して貰いたく思う(ホームページ: <http://www.ibec.or.jp/best/index.html>, 連絡先: best-so@ibec.or.jp)。

本稿は建築側の事例紹介、次号はシステム側の事例紹介とQ&Aを掲載したいと思う。本稿は、まずは住宅の計算事例、そして建物ファサードの検討事例、最大負荷の検討事例、環境制御の検討事例、日光利用の検討事例である。計算が多数室の相互影響を含むことができること、計算時間間隔が自由であるので例えば15分の予熱予冷時間の計算もできる、設計用気象データが従来のものは気象学上発生し得ない架空のものでの計算であったが、はじめて現実に起こりうる同時生起・連続生起を考慮した計算ができるようになってきている、ガラスの種類が多く登録されているのでガラス建築の詳細な検討が可能となっている、気象データが全国約20kmメッシュですべて網羅されていること(842地点)、多数室計算ができるので床吹き出し、プレナム天井リターンなど任意の空調空

気の流れの計算ができること、ブラインド角制御を伴う日光利用計算ができることなど、従来にない新しい検討事例が紹介できたと思う。

多少なりとも、皆様のご理解が深まれば幸いです。

1. 住宅の試算例

BESTの建築プログラムでは、従来プログラムで1日1回に限定されることが多かった空調設備の運転を、1日に複数回設定することが可能となっており、これにより住宅のような1日に複数回エアコンのON/OFFを行うような場合の計算も可能となっている。また、多数室相互の熱的影響を考慮した計算も可能となっており、従来計算では曖昧に想定していた廊下・階段などの非空調室といった隣接空間についても、その室内温度状態を計算し、その熱的影響を考慮することができる。本節では、住宅用標準問題⁽⁸⁾をもとに行った、最大熱負荷の計算例を紹介する。

1.1 最大熱負荷の計算例

計算を行った住宅の平面図と基準となる計算条件をそれぞれ図-1、表-1に示す。最大熱負荷計算のためには、予冷熱時間帯を考慮した計算が必要であるが、BESTでは計算時間間隔が可変であり、予冷熱時間も自由に設定できる。予冷熱時間を30分とした場合の各室の室温と作用温度、居間の装置負荷の計算結果を図-2に

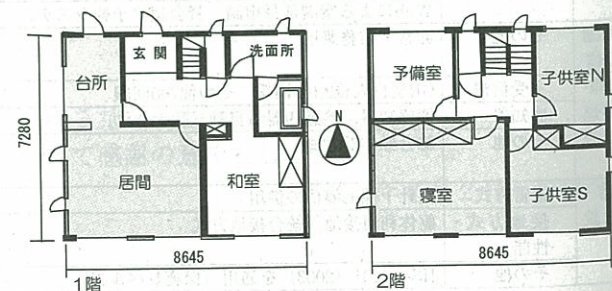


図-1 RC造戸建て住宅平面図

示す。

BESTでは、拡張アメダス設計用気象データ⁽⁹⁾から冷房設計用3タイプ、暖房設計用2タイプを自動的に計算し、日周期定常状態に達した5日分を連続出力することが可能となっており、このグラフでは横軸に左から暖房設計用2タイプ、冷房設計用3タイプのそれぞれの1日の時刻変動が表わされている。ユーザは、この5日間の負荷変動から冷房・暖房ともに最大値を選択するだけでよい。居間の空調の発停は1日3回としており、このような計算も可能である。

1.2 室温以外での温熱環境評価

BESTでは、室内の空気温度だけでなく、周囲の放射環境を考慮した温度指標である作用温度も求めることができる。図-3では、暖房の設定温度20℃、冷房の設定温度27℃に対して、作用温度は暖房では低めに、冷房で

表-1 住宅基準計算条件

気象データ	拡張アメダス設計用気象データ (東京)	
建物	構造	RC構造
	断熱	外壁35mm, 屋根70mm, 床60mm
	窓	透明二重ガラス (日中は内部日除け開)
	隙間風	0.5回/h
	室内換気	居間・台所10回/h, 居室・廊下2回/h (居間・居室容積基準)
住まい方	内部発熱	4人家族
	厨房換気	調理時に6~12回/h
空調	設定温湿度	暖房20℃ 50%, 冷房27℃ 60%
	冷暖房時間	居間: 6:00~9:00, 12:00~14:00 16:00~22:00, 寝室: 21:00~23:00, 子供室: 20:00~23:00
	換気	1回/h (冷暖房室の冷暖房時のみ)
計算法	解法	インプリシット法 (建築単独計算)
	計算時間	6:00まで: 60分, 6:00~23:30: 10分
	間隔	23:00~24:00: 30分

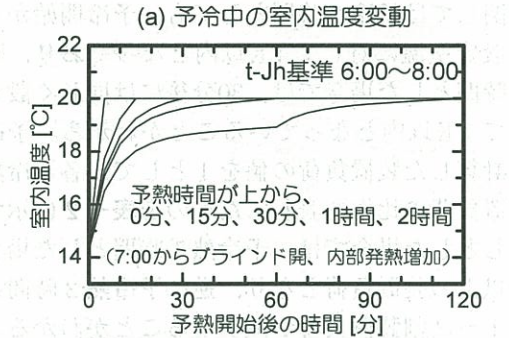
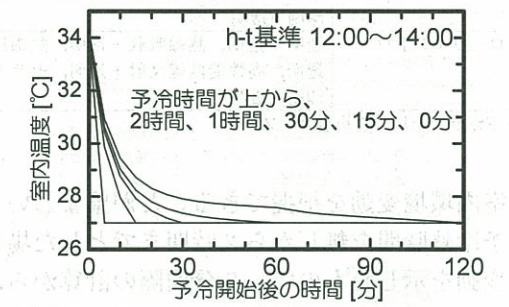


図-2 予冷熱時間ごとの室内温度変動

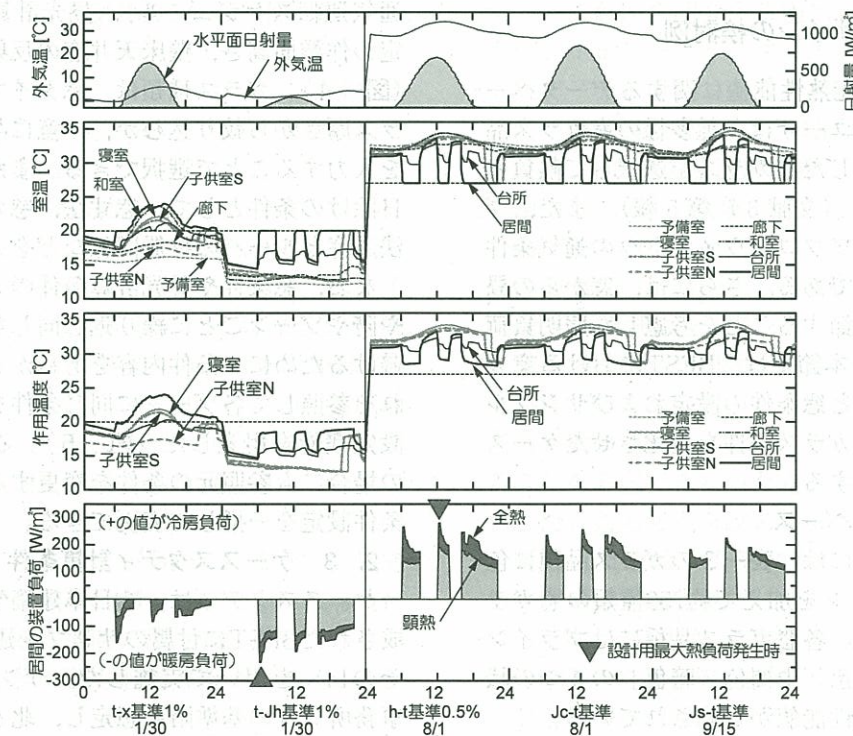


図-3 RC造戸建て住宅最大熱負荷計算結果 (予冷熱30分)

表-2 予冷熱時間別の装置負荷の比率

予冷熱時間	無し	15分	30分	60分	120分
装置負荷の比率					
暖房	2.72	1.42	1.13	1.00	0.77
冷房	2.28	1.29	1.08	1.00	0.91

表-3 窓タイプとガラス種類

窓タイプ	ガラス種類
単板ガラス	透明, 熱線吸収, 熱線反射, 高性能熱線反射, セラミック印刷
複層ガラス (空気層 6mm, 空気層 12mm, アルゴンガス 12mm*)	透明+透明, 熱線吸収+透明, 熱線反射+透明, 高性能熱線反射+透明, セラミック印刷+透明, Low-E+透明, 透明+Low-E
ブラインド内蔵ガラス	透明+透明, 熱線吸収+透明, 熱線反射+透明, 高性能熱線反射+透明, セラミック印刷+透明
エアフローウィンドウ	透明+透明, 熱線吸収+透明, 熱線反射+透明, 高性能熱線反射+透明, セラミック印刷+透明

*Low-Eガラスを用いた複層ガラスのみ

同時に室内環境変動を把握できることが望ましい。図-2は、予冷熱時間を無しから2時間までとした場合の室内温度変動を示したもので、5分間隔の計算から求めた。冷房に関しては予冷2時間としても、予冷開始から30分後には設定室温に対して1K以内となっており、暖房で予熱1時間とした場合では、30分後には同じく設定室温に対して1K以内となっていることがわかる。予冷熱1時間で計算した装置負荷の値を1として、各予冷熱時間での装置負荷の比率を表わしたものを表-2に示す。予冷熱無しとした場合では、予冷熱1時間とした場合と比べて倍以上の装置負荷となり、逆に予冷熱2時間とすると、約1~2割装置負荷が減少することがわかる。このように、室内環境変動と装置負荷の比率の両面から予冷熱時間を検討することも重要である。

2. 建築ファサードデザインの検討例

BESTでは窓ガラスの光熱性能値に関するデータベースを標準で備えており、ユーザは多種多様の窓ガラス品種から建築物の仕様に応じた窓ガラスを選択して熱負荷計算を行うことができる(文献3)第5報)。また、ブラインドの操作条件やエアフローウィンドウの通気条件を詳細に扱うことも可能である。さらには、窓からの昼光に応じて人工照明を調節することを考慮した照明負荷計算にも対応している。本節では、BESTにおける窓ガラスデータベースの内容と窓条件の設定およびサンプル建築物モデルについて窓ガラス条件を変化させたケーススタディの計算例を紹介する。

2.1 窓ガラスデータベース

窓ガラスデータベースには、表-3のガラス品種に色調や板厚のバリエーションを加えて約750種類の窓ガラス品種が登録されている。各窓ガラス品種にはブラインド種類として「なし/明色/中間色/暗色」の4つの状態について表-4の光熱性能値が登録されている。

表-4 窓ガラスデータベースの光熱性能項目

性能種類	光熱性能項目
熱性能	U : 熱貫流率 [W/m ² K]
	kLR : 室内側放射熱伝達係数の割合 [-]
	αR : 室内側放射熱伝達係数 [W/m ² K]
日射特性	g : 日射熱取得率 [-]
	gR : 日射熱取得率の放射成分 [-]
	T_{solar} : 日射透過率 [-]
	$R_{t,solar}$: 日射反射率 (室外側入射) [-]

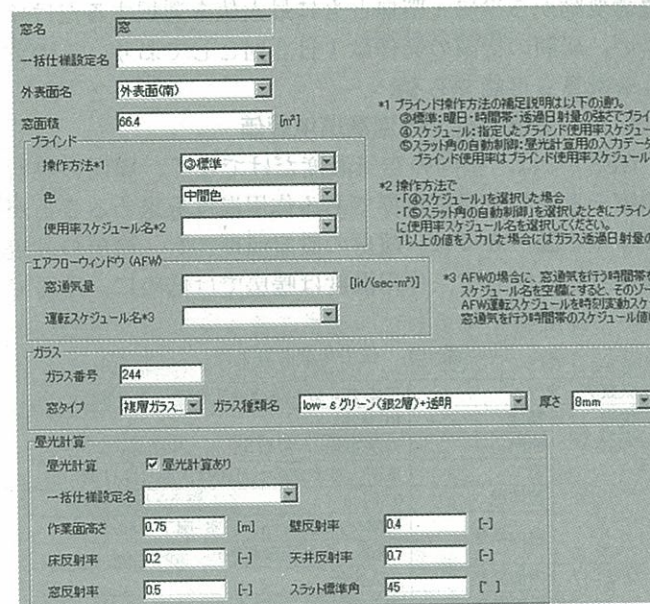


図-4 窓条件設定画面

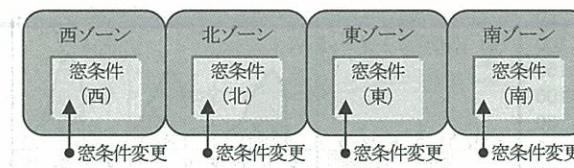
2.2 窓条件設定

窓条件の設定では、その窓が取り付く外表面の名称、窓面積、ガラス種類、ブラインド条件(色、操作方法、操作スケジュール)、エアフローウィンドウ条件(通気量、通気運転スケジュール)、昼光計算条件(照度過不足判定の作業面高さ、壁床天井窓の反射率)などを入力する(図-4)。ガラス種類は、窓タイプとガラス種類名とガラス厚さから絞り込むか、一意に与えられたガラス番号を入力することで選択できる。また、窓に取り付く外部日除けの条件として、窓寸法、窓の上下左右のルーバ寸法、窓とルーバの位置関係などを入力する。

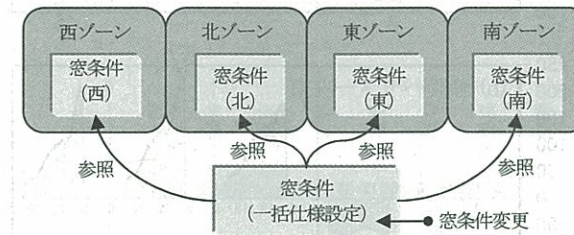
なお、窓条件や昼光計算条件の入力では、建物の方位や階やゾーンごとに繰り返し同じ条件を設定する手間を避けるために、条件内容をあらかじめ登録しておき、これを参照して各ゾーンに同じ条件を設定できる一括仕様設定機能を用意した(図-5)。これにより、条件変更の場合にも参照元の条件を変更するだけで、各ゾーンの条件設定を一括して変更できる。

2.3 ケーススタディ計算条件

ケーススタディは、(社)日本建築学会標準問題を元に作成されたBESTに付属のサンプル建築物モデル(文献1)その14)を用いて実施した。サンプル建築物モデルは、事務所ビルの基準階を想定し、北と南の2つの室からなり、それぞれに3つのペリメータゾーンと1つのインテ



(a)一括仕様設定機能を利用しない場合



(b)一括仕様設定機能を利用する場合

図-5 一括仕様設定機能のイメージ図(例:窓条件)

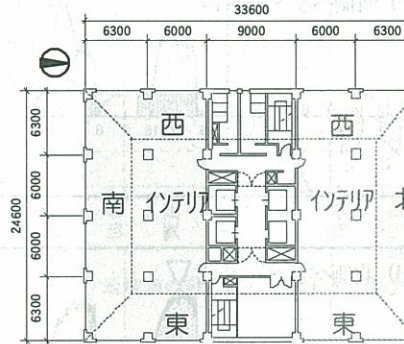


図-6 サンプル建築物の基準階平面図

リアゾーンを持つ(図-6)。室温設定は冬期22℃、中間期24℃、夏期26℃、湿度設定は50%とし、空調運転時間は平日の8:00~22:00とする。同一室では一定風量のゾーン間の換気を与え、インテリアゾーンには空調運転時間帯に外気導入する。在室者0.15人/m²、照明20W/m²、機器発熱15W/m²を最大とし、スケジュール入力により時刻変動させる。庇は無しとした。なお、ここでは、建物の熱負荷計算と照明負荷計算のみを行い、空調設備との連成計算は行わない。

2.4 ケーススタディ計算結果

図-7にサンプル建築物モデルに各種窓ガラスを使用した場合の熱負荷と照明負荷の計算結果を示す。ブラインド操作はBEST標準条件、気象データは東京、札幌、鹿児島、昼光利用による照明調光あり、窓面積率は67.5%とする。なお、ここではペリメータゾーンの単位床面積あたりの冷暖房負荷と照明負荷にそれぞれ係数⁽¹⁰⁾を乗じて一次エネルギー消費量に換算した値を表す。これによると、単板ガラスに比べて、特にLow-E複層ガラスでは暖房負荷を低減できることがわかる。また、高性能熱線反射ガラスは日射熱取得率が小さいために冷房負荷の低減に効果的であるが、同時に可視光透過率も小さいためにほかのガラス品種よりも照明負荷が大きいことがわかる。

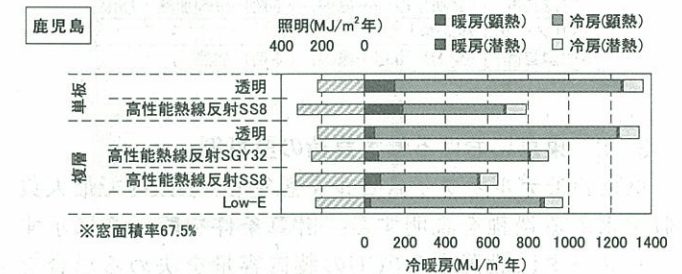
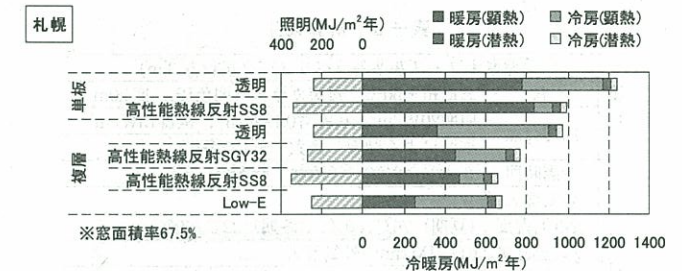
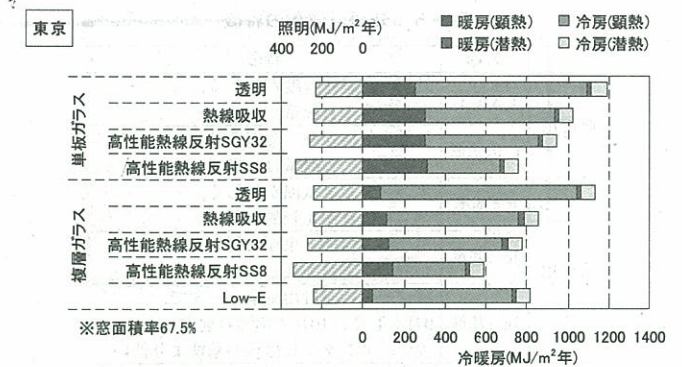


図-7 各種窓ガラスでの冷暖房照明エネルギー

3. 新設計気象による最大負荷の検討例

設備設計者は機器容量を決めるために最大負荷を計算する。これから紹介するBESTの最大負荷計算では、ほかのシミュレーションプログラムにはない、新しい設計気象データを用いている。本節ではその気象データについて、検討例を交えながら紹介する。

3.1 BESTの新設計気象

BESTの設計用気象データは、従来のものと何が違うのか。従来の気象データは、気象要素別に(例えば外気温、湿度、日射量など)、時系列とは全く関係なく、過酷な気象観測値を選んで作成されていた。本来気象は、気象要素が相互に関係するものであるため、過剰に厳しい条件であるとの指摘がされてきた。その反面、建物や空調装置の種類によって、過酷となる気象の特徴が異なることを考慮できないため、過小負荷が得られることもあった。この2点を改善したのが、新設計気象である。

新設計気象は、実際に存在する過酷気象日を選定し、気象要素を平均化処理したデータである。暖房用で2種(t-x基準, t-Jh基準)、冷房用で3種(h-t基準, Jc-t基準, Js-t基準)の気象データが用意されており、それぞれの特徴を表-5に示す。これらのデータを使って、網羅的に最大負荷を算出できるのがBESTの長所である。

表-5 新設計気象の特徴

	名称	特徴
暖房用	t-x基準	外気温と絶対湿度が厳しく、ある程度の日射量がある
	t-Jh基準	日最高気温が低くて湿度はやや高め、日射量は小さい
冷房用	h-t基準	エンタルピーと気温が厳しく、天空日射量が比較的大きい
	Jc-t基準	水平面、西面、東面日射量が強く、気温も厳しい
	Js-t基準	南ゾーンの設計用気象データで、9月もしくは10月の南面日射が強い。エンタルピーは他の基準より低い

表-6 計算条件

標準オフィス基準階 (ペリメータ奥行き 3 m)	
建物	窓 窓面積率50%, 複層ガラス+明色BL, 庇1.0m
	内部発熱 照明20W/m ² , 在室者0.15人/m ² , 機器15W/m ²
	空調時間 8:00~22:00 (予冷熱1時間)
空調	外気導入 8:30~22:00
	設計温湿度 (夏期) 26℃/60%, (冬期) 22℃/50%
	インテリア 6.6CHM/m ² の外気導入
	空調装置 (夏期) 冷却+除湿, (冬期) 冷却加熱+加湿
	ペリメータ空調装置 (夏期) 冷却+除湿, (冬期) 加熱

3.2 東京における最大負荷の計算例

東京のモデルオフィスビルを想定し、BESTで最大負荷を求める過程を説明する。計算条件を表-6に示す。ペリメータに設置するFCUの装置容量を決める場合を想定して最大負荷を求めることとする。

図-8が出力結果であり、左側に暖房2種の時刻別負荷(顕熱)、右側に冷房3種の時刻別負荷(顕熱)を示している。暖房負荷においては、ペリメータ南、東、西で日最高気温が低く日射量の少ないt-Jh基準の空調立ち上がり時にピーク値が出ている。またペリメータ北では外気温の厳しいt-x基準で22時頃にピーク値が出ている。

冷房負荷ではまさに表-5に示した気象データの特徴通りにピーク値が出ている。ただし、その特徴通りに最大負荷が選ばれるとは限らない点に注意を要する。大きな庇があれば冷房負荷に対する日射の影響は少なくなるし、ガラスの断熱性能が高ければ暖房負荷に対する外気温の影響は少なくなる。BESTではすべての設計気象データを同時に計算するように作られている。

3.3 最大負荷の地域別比較

最後に地域別の新設計気象データを用いて、最大負荷の比較検討を行う。計算条件は、3.2と同様に表-6とし、検討地域は図-9に示した8地点とした。

図-10は地域別の最大冷房負荷である。ペリメータ南の地域による変化が見られないのは、庇を1.0m設置しているからと考えられる。ペリメータ東では南に向かうほど負荷が小さくなっているが、これは南に向かうほど空調開始時の太陽高度が高くなるためであり、日射が庇で遮られていると考えられる。一方、ペリメータ西において南の地域ほど負荷が増えているのは、最大負荷時

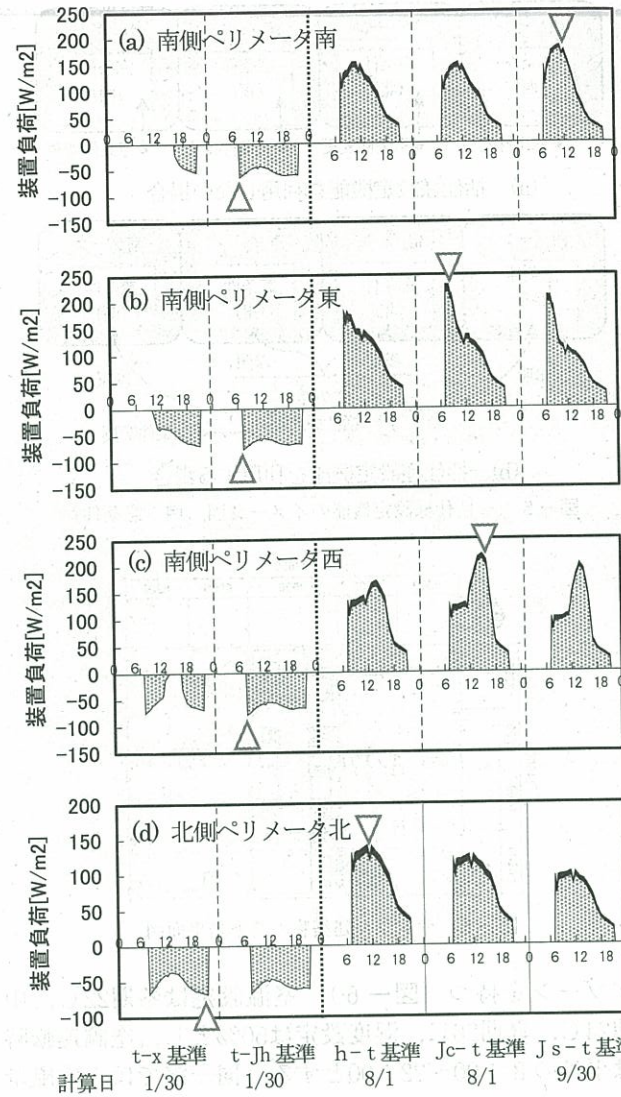


図-8 ペリメータゾーン別の時刻別装置負荷 (左:暖房用気象2種,右:冷房用気象3種)

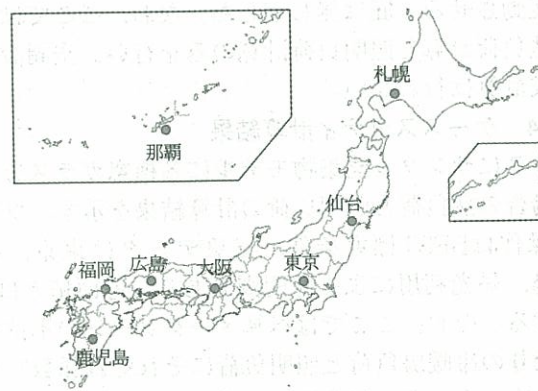


図-9 最大負荷計算の検討地域

の気温が高くなるためである。

図-11は地域別の最大暖房負荷を示している。東京から鹿児島まではそれほど負荷に違いが見られない。ペリメータ南で30W/m²程度、ペリメータ西・東で60~70W/m²程度であった。札幌ではペリメータ南で50W/m²程度、ペリメータ西・東で120W/m²程度であった。

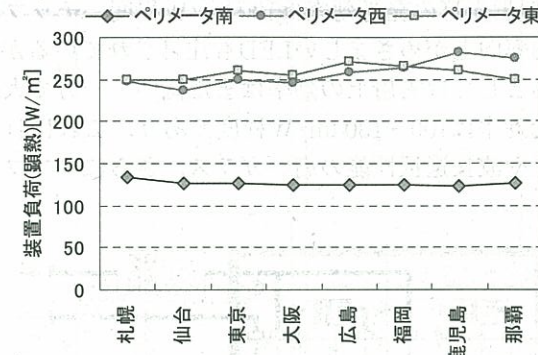


図-10 地域別の最大冷房装置負荷(顕熱)

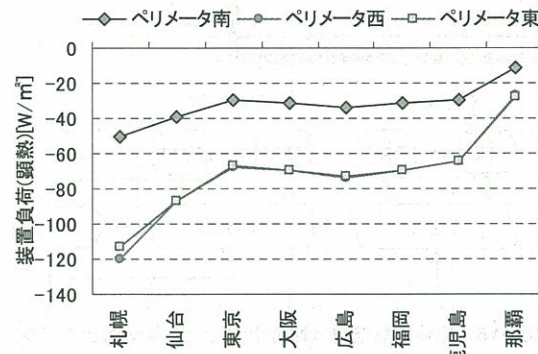


図-11 地域別の最大暖房装置負荷(顕熱)

4. 各種環境制御の比較検討例

建築・設備の設計を行うにあたり、建物の外皮・窓システム性能の比較検討や、特殊な空調システムの比較検討が必要となることがあるが、単室の室温一定制御の熱負荷シミュレーションツールでは限界があることが多い。具体的には、室内温熱環境の比較ができない、室内環境条件を同一とした比較検討ができないといったシミュレーションツールの制約(限界)に直面する。

BESTは、既存の熱負荷シミュレーションツールに対し、①建築と設備を一体として計算する、②PMV、作用温度による温熱環境評価が可能である、③多数室相互の熱的影響を考慮可能である、④モジュールを接続することで計算モデルを構築する、といった特徴があり、既存の熱負荷シミュレーションツールでは比較検討が困難である計算が可能である。本章ではBESTの特徴を活かした代表的な計算例(床吹出空調・躯体蓄熱空調・作用温度制御)について示す。

4.1 床吹出空調の検討例

床吹出空調は、図-12(上)に示すように、空調機→床下→居室→天井内→空調機といった空気の流れにて空調を行うシステムであるが、BESTでは、室グループ・室・ゾーンといった階層構造で建築をモデル化する方法を取っているため、図-12(下)に示すモデルのように空気の流れを考慮したシミュレーションを行うことが可能である。なお、今回の比較検討では、天井吹出におい

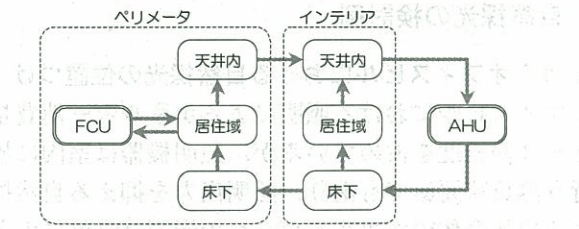
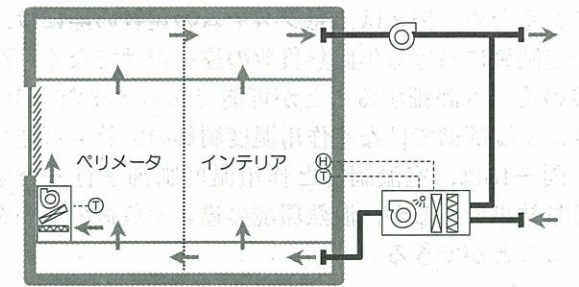


図-12 床吹出空調の概念図とモデル

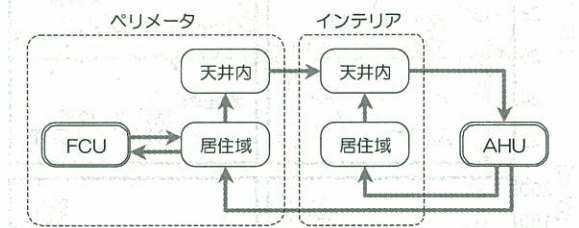
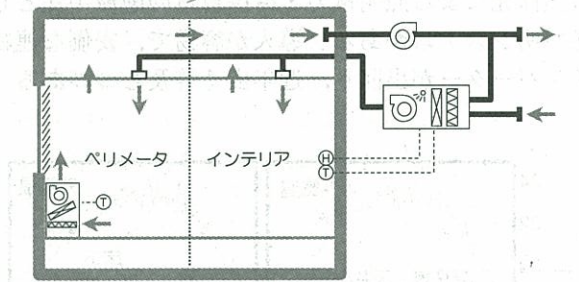


図-13 天井吹出空調の概念図とモデル

ても、図-13に示すように、居室と天井内を別ゾーンとして計算している。

図-14に床吹出空調と天井吹出空調の計算結果を示す。床吹出空調における、ペリメータとインテリアの床下温度(吹出温度)の違いや、スラブへの吸熱による装置負荷への影響も評価することができる。

4.2 躯体蓄熱空調の検討例

躯体蓄熱空調は、図-15、図-16に示すように、通常空調時と躯体蓄熱時ではダンパを切り替えて、居室または天井内(天井スラブ面)へ冷風を供給するシステムであるが、BESTでは、通常空調時と躯体蓄熱時のモジュール接続を切り替えることで、躯体蓄熱空調のシミュレーションが可能である。

図-17に躯体蓄熱空調有り無しとの計算結果を示す。躯体蓄熱時の天井内温度や蓄熱有り・無しの装置負荷の違いを評価することができる。

4.3 作用温度制御の検討例

BESTでは、PMVや作用温度による温熱環境評価が可

能であるため、例えば、窓システムの比較の際には、室温一定制御における年間熱負荷の違いだけでなく、温熱環境の違いも評価することが可能である。また、BESTでは、室温制御ではなく作用温度制御の計算も可能である。図-18は、室温制御と作用温度制御を行った場合の計算結果であるが、温熱環境の違いや負荷の違いを評価することができる。

5. 自然採光の検討例

5.1 オフィスビルにおける自然採光の位置づけ

オフィスビルにおける照明によるエネルギー消費量は約2~3割程度を占めているが、照明機器は室内に放熱を行う熱負荷要素でもあり、照明出力を抑える自然採光による建物全体の省エネルギーへの影響は意外に大きい。

5.2 調光照明

自然採光による照明電力・冷房負荷の削減手法として、調光照明システムがある。導入が容易で、安価な連続調光インバーターが出回り、近年広く普及しつつある。

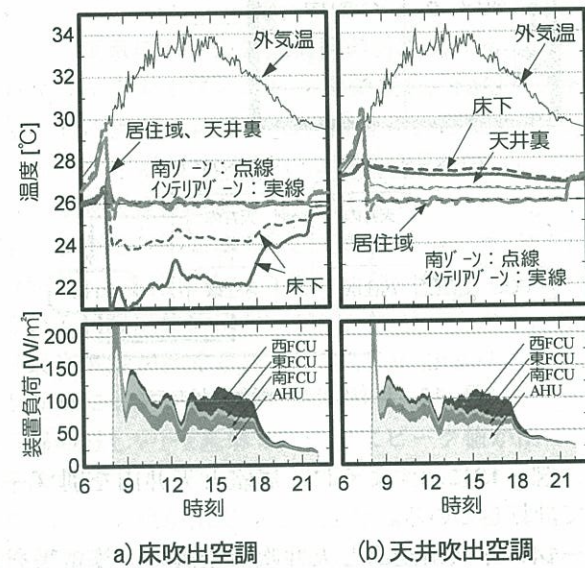


図-14 床吹出空調と天井吹出空調の計算結果比較

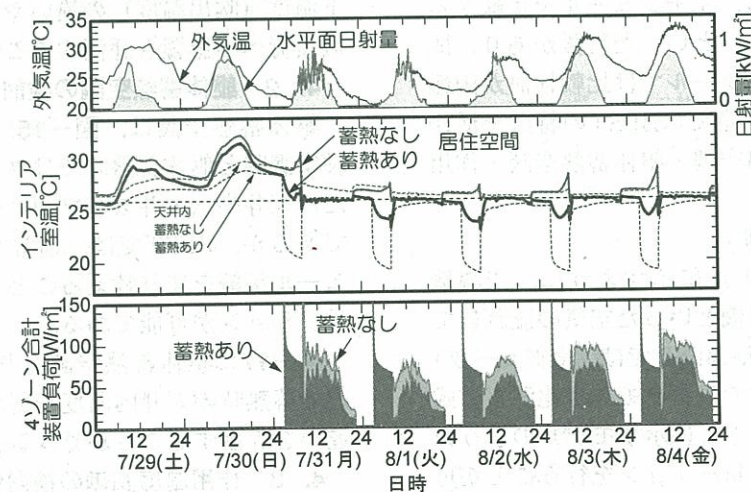


図-17 躯体蓄熱空調有り無し計算結果比較

HF型蛍光灯の発光効率は100 lm/W程度、チップ単体での効率向上がめざましいLEDも注目されているが、照明器具としては実用上の効率はまだ低い。一方で太陽光の発光効率は100~130 lm/W程度であり、これに日射遮蔽装置や波長選択性能の高いガラス、さらにエアフロー

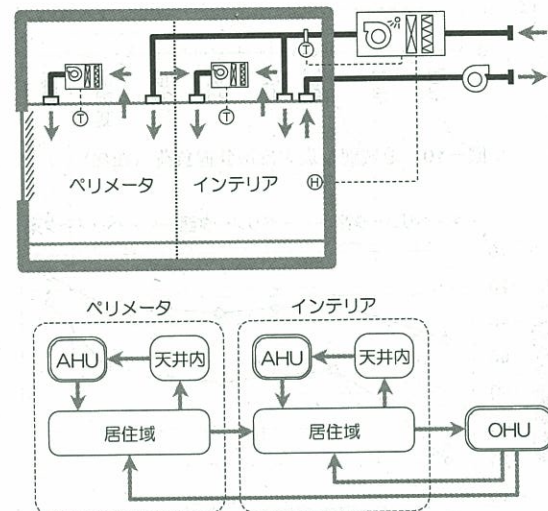


図-15 躯体蓄熱空調（通常空調時）の概念図とモデル

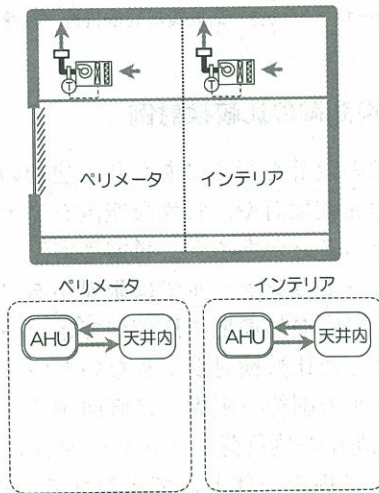


図-16 躯体蓄熱空調（躯体蓄熱時）の概念図とモデル

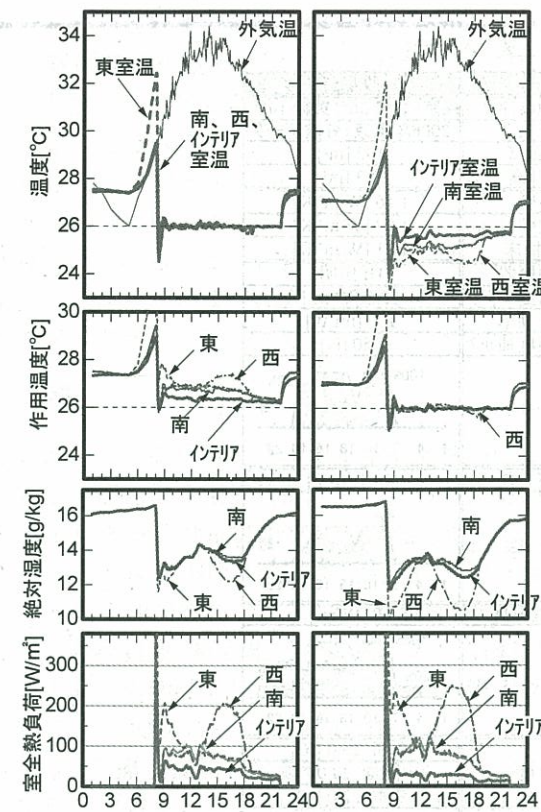


図-18 室温制御と作用温度制御の比較

窓などを介することによって、理論上は170 lm/W程度の高い効率を有する照明装置とすることが可能である¹¹⁾。

5.3 ブラインド制御

オフィスビルにおける自然採光では、気象の変化の赴くままに窓から太陽光を採り入れればよいというのではなく、過去の調査研究¹²⁾によると直射光の室内への侵入は執務環境上許容されないことが明らかになっている。しかし、遮蔽装置の調整は室内の光・視環境を一変させるため、大部屋のオフィスにおいては手動調整を行いづらく、終日全閉放置とされる場合が多い。こうなると自然採光は得られず、そもそも眺望性や外界の変化を伝えるという窓本来の役割も果たすことができない。

従って、自然採光においては日射の遮蔽と日光利用を両立させることが要である。それを実現させる方法として、気象状況に応じてブラインドを自動制御するシステムが提案され、窓システムに内蔵されるケースが多くなっている。

5.4 BESTでの自然採光による省エネルギー効果の計算

建築空間内における光環境の予測評価を目的としたシミュレーションプログラムは数多くあり、高い精度で視環境を予測することも可能である。しかしながら、省エネルギーに関わる年間計算に用いることはできない。

BESTは、自然採光による省エネルギー効果に関する、建築・空調・電気を横断する検討を、比較的簡単な入力で、実用的な精度・計算コストで、定量的に実施するこ

表-7 検討対象ガラス性能値

	可視光特性		熱性能	
	[$-$] 透過率	[$-$] 反射率	[W/m 2 K] 熱貫流率	[$-$] 日射熱取得率
透明	0.88	0.08	5.8	0.82
透明複層	0.79	0.15	2.9	0.73
高性能熱反(SS8)	0.08	0.41	4.6	0.22
Low-E(Ag2)複層	0.62	0.12	1.6	0.39

とができる数少ないプログラムの1つである。なお、BESTにおける自然採光の計算手法は、本協会において頒布されていたHASP-L¹³⁾を拡張させたものである。

5.5 ガラス面積による空調・照明エネルギーへの影響

ここでは、表-7に示す性能値の異なる代表的な4種類のガラスについて、ガラス面積による空調・照明電力量への影響度を感度解析した事例について紹介する。

計算対象建物モデルおよび年間計算条件の一覧を図-19に示す。評価対象は南ペリメータゾーンとした。外壁にしめる窓面積率を0.3~92.5%まで変化させた。ブラインドは自動制御を行う条件として、スラットは白色とした。照明は主方位窓面から奥行方向に1.5m間隔で配置し、調光制御時は床面高さ75cmの机上面照度を750 lx以上に保つように連続調光を行う設定とした。

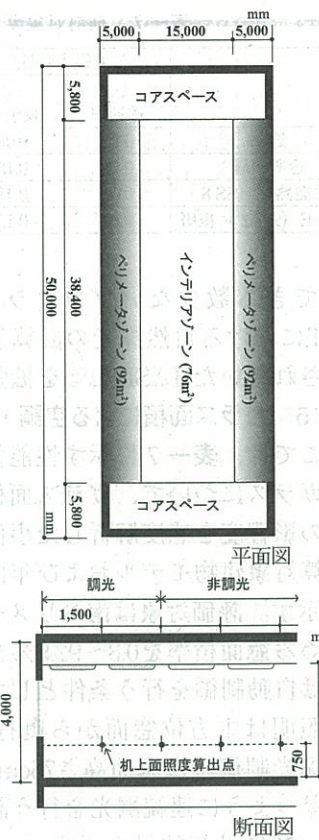
図-20に計算結果を示す。一次エネルギーは空調負荷および照明電力量から簡易的に換算した¹⁰⁾。

暖房負荷は遮蔽性能が高い高性能熱反SS8が窓面積の拡大に伴う増大傾向を示している。冷房負荷においては、SS8が最も窓面積の拡大影響が少ない。そのほかは、透明単板、透明複層、Low-E複層の順番である。透明単板において調光有無により1割程度の差が見られる。

照明電力量では、可視光透過率が最も低いSS8は、窓面積を拡大させても殆ど日光利用効果を得られていないことがわかる。そのほかのガラスでは日光利用効果が得られるが、電力量の低減程度は若干異なっている。

1次エネルギーで比較すると、調光を行うことによってエネルギー消費量の増大を大幅に低減できることがわかる。調光を行う場合も各ガラスが有する可視光透過および熱性能によって、窓面積率の拡大に対する変化傾向が大幅に異なっている様子がわかる。可視光を、ほとんど透過しないSS8は窓面積が拡大しても、ほとんど増減がみられない。熱性能が低い透明単板においては、開口率20%程度までは日光利用効果でエネルギーが削減されるが、それ以降は熱取得が卓越して急な増大となる。高い可視光透過性能と日射遮蔽性能・断熱性能を有するLow-Eガラスは、開口率40%までエネルギーは低下し、それ以降は増加傾向となるが、低く抑えられている。

自然採光による調光制御は比較的容易に導入可能でありながら、直接の照明電力量削減と間接的な熱負荷低減の相乗的な省エネルギー効果が期待でき、BESTを用いることによって様々な窓仕様に対して熱と光を連成したシミュレーションが可能であることを示した。



主要な入力条件		
項目	設定値	
建物条件	立地条件	東京(北緯 36°, 東経 140°)
	気象	2006年東京1分値データ
	床面積	192 [m ²]
	天井高	3.3 [m]
壁面	外壁	1.16 [W/m ² /K]
	内壁	1.97 [W/m ² /K]
	天井・床	1.51 [W/m ² /K]
照明	照明機器	Hf 照明
	密度	12.5 [W/m ²]
	発光効率	100 [lm/W]
	適正照度補正	750 [lx]
	照明スケジュール	100% (10時~16時), 40% (13時~16時), 80% (16時~19時)
室使用状況	在室人数	0.1 [人/m ²]
	在室スケジュール	67% (10時~16時), 33% (13時~16時)
	OA電力量	10 [W/m ²]
	OAスケジュール	100% (10時~16時), 20% (13時~16時), 50% (16時~19時)
空調設定	温度	夏期: 26.0 [°C] 中間期: 24.0 [°C] 冬季: 22.0 [°C]
	湿度	40-60 [%]
	外気導入量	3.5 [m ³ /m ² /h]

図-19 計算対象オフィスおよび入力条件の概要

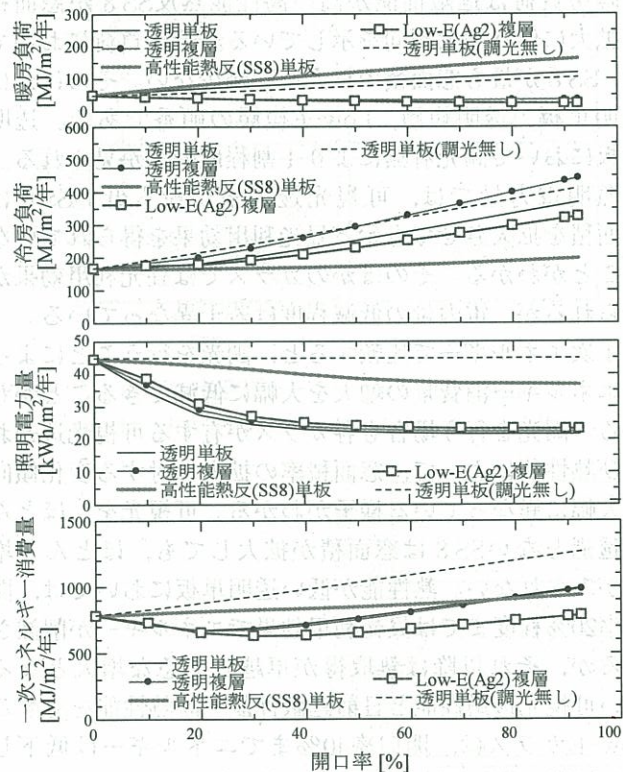


図-20 ガラス種別の開口率の拡大による熱負荷・照明電力への影響 (ブラインド自動制御, 調光あり)

まとめ

本稿では、建築の性能に関するシミュレーション例

を挙げ、多様な比較検討にBESTを利用可能であることを示した。改めて、BESTの建築計算の特徴をまとめると、

- ① 建築単独計算 (従来の熱負荷計算) と空調などの設備システムとの連成計算の両方が可能である。
- ② 計算時間間隔が可変で、例えば、空調時間帯は5分、非空調時間帯は60分などのように、間隔を変えて計算できる。
- ③ ゾーン相互の熱的影響を考慮できる。
- ④ 窓性能値・壁物性能値のデータベースが豊富であり、窓はブラインド内側、内蔵一般窓のほか、エアフローウィンドウの計算も可能である。
- ⑤ スラット角制御と調光制御の計算が可能である。
- ⑥ 温熱環境指標である作用温度、PMVが出力される。
- ⑦ 年間熱負荷計算のほかに、最大熱負荷計算も可能である。
- ⑧ 最大熱負荷計算に際しては、842地点の新設計用気象データを利用できる。
- ⑨ 1日に何度もON/OFFする間々欠空調の計算も可能であり、最大熱負荷計算のときには、それぞれの空調時間帯に予冷熱時間を想定できる。
- ⑩ 一括仕様設定入力があり、多ゾーンの壁や窓などの熱負荷要素条件を、一括して設定したり変更したりできる。

となる。1~3章、5章は、建築単独計算での検討例である。それに対して、4章は、空調システムとの連成計

算例であり、これまで計算が容易ではなかった、床吹出空調や躯体蓄熱空調の検討、作用温度制御やPMV制御などの温熱感指標による制御の検討も、自由にできるようになることを示した。

今後さらに、ダブルスキンの計算を可能にすること、長期的には自然換気、ブロックモデルによる上下温度分布計算を組み込むことを目指している。多くのユーザに利用され、ユーザの要望に応じていくことで、より洗練されたプログラムに発展させていきたいと考えている。

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)」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)、クラス構想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。クラス構想WG名簿(順不同)主査:石野久彌(首都大学東京名誉教授)、委員:井上隆、一ノ瀬雅之(以上、東京理科大学)、上田博嗣、角谷亜璃砂(以上、大林組)、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)、黒本英智(東京電力)、郡公子(宇都宮大学)、菰田英晴(鹿島建設)、芝原崇慶(竹中工務店)、菅長正光(菅長環境・設備一級建築士事務所)、瀧澤博(元鹿島建設)、長井達夫(東京理科大学)、二宮秀典(鹿児島大学)、野原文男、二宮博史、丹羽勝巳、田端康宏(以上、日建設計)、平林啓介(新日本空調)、柳井崇(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, 石野久彌ほか: 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1)~(その38), 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp.1972-2040, 2007.9, pp.1077-1156, 2008.8

- 2) 村上周三, 石野久彌ほか: 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39)~(その61), 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, 2009.9
- 3) 村上周三, 石野久彌ほか: 建築エネルギー・環境シミュレーションツールBESTの開発 第1報~第8報, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2, pp.1027-1042, 2008.9
- 4) 村上周三, 石野久彌ほか: 建築エネルギー・環境シミュレーションツールBESTの開発 第9報~第22報, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2, 2009.8
- 5) 村上周三, 石野久彌ほか: 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」に関する総合的研究, 空気調和・衛生工学, Vol.82, No.11, pp.67-73, 2008.1
- 6) 村上周三ほか: 特集 The BEST Program, 空気調和・衛生工学, Vol.82, No.11, pp.3-73, 2008.11
- 7) 村上周三ほか: 特集 The BEST Programの概要と今度の展望, IBEC, No.170, Vol.29-5, 建築環境・省エネルギー機構, 2009.1
- 8) 宇田川光弘: 標準問題の提案(住宅用標準問題), 日本建築学会環境工学委員会第15回熱シンポジウム, pp.23-33, 1985
- 9) 赤坂裕他: 拡張アメダス気象データ1981-2000, 日本建築学会, 2005
- 10) 建築物における昼光利用照明と省エネルギー, 板硝子協会, 2007.3
- 11) 井上隆, 一ノ瀬雅之, ほか: 高性能窓システムの年間変動性を考慮した熱・光性能解析, 日本建築学会大会学術講演梗概集D-2, 2009.9
- 12) 井上隆, 松尾陽: 日射遮蔽装置の使用実態に関する調査研究, 日本建築学会計画系論文報告集, No.378, pp.10-18, 1987.8
- 13) HASP-L 利用マニュアル, 板硝子協会省エネルギー委員会, 日本建築設備士協会, 1980

(平成21年6月30日 原稿受理)