

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 BESTのマクロデザインとその特徴

正会員	○石野 久彌*1	同	村上 周三*2
同	赤坂 裕*3	同	坂本 雄三*4
同	郡 公子*5	同	長井 達夫*6
同	大塚 雅之*7	同	牧村 功*8
同	野原 文男*8		滝澤 総*8

建築エネルギー 建築環境 シミュレーションツール BEST

1. 序

1971年に公開された HASP は当時としては最先端ソフトウェアツールであったし、諸外国と開発時期においても足並みをそろえていた。だが現在の世界を見渡すと EnergyPlus を筆頭として新しいソフトウェアが目白押しである。そこでわが国にも次世代に引き継げるような新たなソフトウェアツールが要求されるようになった。

本報は、BEST の特徴を概説するものである。

2. BEST のマクロデザイン

BEST はまず第一に、空調・電気・衛生の総合エネルギー解析を目指していることに大きな特徴がある。

BLAST、DOE2 プログラムは建築と空調が独立に計算されていたが、Perdersen は建築と空調の相互干渉の必要性を感じ IBLAST を提案し、これが EnergyPlus の元になっている。BEST においても建築と種々設備間における相互干渉を重視し、連成して解くことにしている。

計算時間間隔はこれまで 1 時間と常識視されていたが、BEST では 2、3 時間のような定常的な間隔から 1,2 分という非定常性の強い間隔、制御性の強い解析まで自在に選べるように、時間間隔可変を基本としている。

気象データは拡張アメダスデータの適用を基本とするが、BEST においては時間幅が 1 時間より短くなるので、それに合わせて気象データも 1 分間隔というものを基準に開発が進められている。近年気象庁観測データも 1 分間隔で発表されつつあるので、実在年の 1 分値データと以前の 1 時間間隔標準年気象データからの 1 分値データの推定などを開発するとともに、EPW フォーマットという世界標準のデータ構造を意識した開発も行い、世界のデータも使用可能にしている。

壁・窓材の性能値、機器特性値のデータベースの作成

もプログラムの有効性に大きく影響を与える。壁については大別して三種、すなわち以前と同様の空衛学会便覧データ、ISO データ、湿気特性を含むデータを用意しユーザーが自由に選択できるようにした。窓は新しい窓を含めて 700 種を用意した。設備機器特性値は特性曲線の進化に追随できるような配慮が重要との意識で開発している。

プログラム開発の最大の問題は「変化」への対応である。要求事項の変化、ソフトウェア開発環境の変化、解析法の変化、データの変化などである。そこで登場するオブジェクト指向はオブジェクトと呼ばれる再利用可能な部品を集めて作るべきだという開発戦略である。オブジェクト指向技術として、Java 言語の採用、システム側フレームワークの構築、データ入力部への JPA の導入などを行った。プログラム開発手法においてもアジャイルソフトウェア開発、統一モデリング言語 UML の利用を行った。エクストリーム・プログラミング XP のようなアジャイルなプロセスの特徴は、人に関する問題を重視し、変化に直ぐに対応できる開発手法に従う必要があるということである。UML とはオブジェクト指向技術を使ってソフトウェアを構築する場合の世界標準の記法と、その記法をどう適用すればよいかという意味を定義したものである。

E-simulation 指向の時代に突入するのは時間の問題である。実制御も E-simulation の利用による制御の可能性がでてきている。ここでは行政利用ツールとして BEST を利用する際に Web サービスにて BEST プログラムを利用することが考えられる。そのときインターフェイスは XML 成果物によって識別、記述、発見され、XML ベースのメッセージを使ってインターネット経由で他のソフ

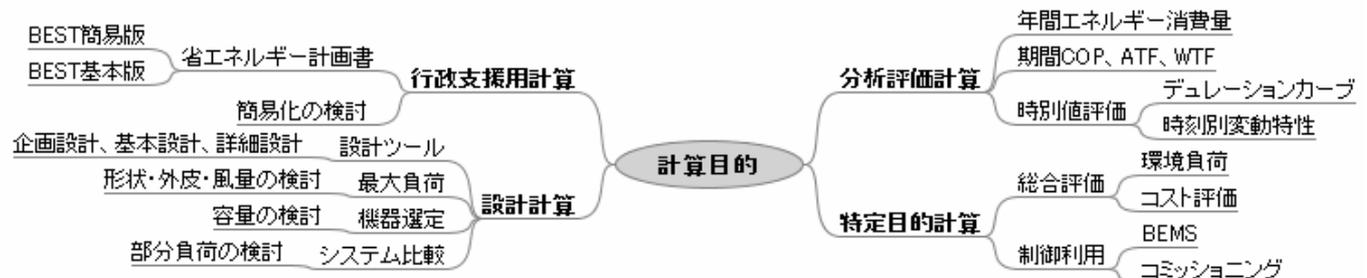


図1 BESTの計算目的

トウェアアプリケーションと直接に相互作用する SaaS としての利用が必要になる。この分野は Java 利用と XML 構造の適用までは行ったが開発が遅れている。

ユーザフレンドリーの重要性は以前より述べられているが、つつい精度を意識するがあまりユーザフレンドリーが忘れられている箇所が多々見られる。入力が非常に困難になっている空調システムの機器の接続情報は、テンプレートを提案しインターフェースの中はさわりなくとも入力できるように努力はしている。

### 3. 具体的な特徴

使用用途とツールバージョンとして、簡易版、基本版、専門版、拡張 GUI 版、拡張版があり、前 2 者は行政支援ツールとしての適用も考えている。

建築計算の対象項目と特徴としては、事務所、住宅について多数室計算が可能であり、室内環境も評価できるよう配慮している。インプリシット法とエクスプリシット法を非空調時と空調時に使い分けており時間間隔も自在としている。空調システム計算の対象項目と特徴は蓄熱槽、コジェネレーション、パッケージ方式を含む多くのシステムに対応することを考えている。非線形性・不連続性を考慮して Simulink を参考にしたエクスプリシット法を用いている。衛生電気計算においては、給水のみ

でなく給湯プログラム、雨水利用プログラムも扱っている。電気ではエネルギー消費の多い照明電力の昼光利用による効果計算を重視している。

### 【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建築・設備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 開発普及事業研究会」ならびに開発委員会の活動成果の一部である。ご尽力頂いた関係各位に謝意を表する次第である。

**BEST 開発普及事業研究会委員名簿** (順不同) 委員長：村上周三 (建築研究所)、副委員長：松尾陽 (東京大学名誉教授)、委員：赤坂裕 (国立鹿児島高専)、石野久彌 (首都大学東京名誉教授)、射場本忠彦 (東京電機大学)、猪岡達夫 (中部大学)、宇田川光弘 (工学院大学)、大塚雅之 (関東学院大学)、加藤信介 (東京大学)、鎌田元康 (神奈川大学)、坂本雄三 (東京大学)、市川徹 (東京ガス)、佐藤信孝 (日本設計)、佐藤正章 (鹿島建設)、滝澤総 (日建設計)、時田繁 (公共建築協会)、野原文男、牧村功 (以上、日建設計)、沢谷俊秋 (三晃空調)、柳原隆司 (東京電力)、渡邊剛 (NTT ファシリティーズ)、協力委員：戸邊千広 (経済産業省)、宿本尚吾、山下英和 (以上、国土交通省住宅局)、事務局：稗田裕史、諏佐庄平、生稲清久 (以上、建築環境・省エネルギー機構)、篠原奈緒子 (日建設計)

### 【文献】

- 1) D. B. Crawley, J. W. Hand etc., M. Kummert and B. T. Griffith, Contrasting the Capabilities of Building Energy Performance Simulation Programs, 15-18, 9th IBPSA Conference, 2005
- 2) Godfried Augenbroe, Trends in Building Simulation, Advanced Building Simulation, Spon Press, 2003
- 3) EnergyPlus Engineering Reference, U.S.Department of Energy

表 1 気象・建築計算の概要

項目	概要
気象データ	日本代表都市1分値データ 日本842地点標準年・20年分1時間値データ 海外EPW1時間値データなど
計算時間間隔	非空調時1時間、空調時5分など可変設定可
対象用途	事務所、住宅ほか任意
連成・単独	空調・電気・衛生システムとの連成の他、建築単独計算も可 (ゾーン負荷・外気負荷計算可)
多数室	隣接ゾーンの相互影響考慮
空間分割	水平分割可、上下分割は現在は対象としない
長波放射	対流放射近似分離。表面温は未知数としない
湿気	壁面吸放湿・結露は、現在計算しない
屋光	窓からの奥行き方向照度分布 (連窓想定)
熱的快適性	各ゾーンASTを利用した作用温度、PMV計算
壁材物性DB	3つのライブラリ (①空調学会便覧、②ISO、③熱・湿気データ) を用意
窓性能DB	豊富なガラス種類についてブラインド内側・内蔵の一般窓の基準入射条件での熱・光性能値分類別代表ガラスの入射角特性データ
各種スケジュール	折れ線変動・ステップ変動の入力可
隣棟	隣棟高さから隣棟までの距離から計算
外部日除け	垂直ルーバ・水平ルーバ
壁体	一次元伝熱計算 (項別公比法)
家具類	71種家具類を想定した遅れ特性を考慮
窓	日射熱取得率と熱貫流率を利用する計算。入射角のほかプロファイル角の影響も考慮。AFWの計算可。屋光計算では、スラット角制御の計算可。
隙間風	換気回数法、漏気係数法
ゾーン間換気	風量の時刻変動、移動方向変動の指定可
在室者	Two-Nodeモデルを応用した発熱量計算
照明	調光計算可能

表 2 空調・電気・衛生計算の概要

項目	概要
熱源システム	冷温水発生機、真空温水ヒータ
	空気熱源ヒートポンプチャラー
	ターボ冷凍機 (固定速、可変速、高効率)
	開放式冷却塔 (定風量、変風量)、補給水計算可
	冷却水ポンプ (定水量)
	自動制御 (スケジューラ・台数制御、PID・二位置制御)
	PAC方式 (一般パッケージ、ビル用マルチ)
	水蓄熱槽 (連結完全混合型、温度成層単層型)
	水蓄熱槽 (外融式)
	空気熱源プラインヒートポンプチャラー
空調	水-ライン熱交換機、三方弁制御、蓄熱制御
	CGS
	ガスエンジン発電機
	排熱投入型吸収冷温水機
	搬送システム
	ポンプ(CWV)、ファン(CAV、VAV)
	水・空気の分岐・集合、拡大・縮小
	空調システム
	冷温水コイル、水加湿器 (余剰排水計算可)
	全熱交換器、外気冷房 (顕熱制御・エンタルピ制御) 予冷予熱時外気カット
換気システム	
タイムスケジュール	
計算範囲	BEMSなど外部データび取込、部分システムの計算可
電気	受変電システム
	負荷と連動
	照明コンセント
	調光制御 (自然採光と連動、非連動)
他	太陽光発電、エレベータ
計算法	原単位法、個別設定
衛生	負荷データ
	日負荷原単位、時刻別パターンデータ
	給水システム
	加圧給水、高置給水
給湯システム	CGS排熱利用-給湯用予熱槽
衛生器具	器具毎の電力消費原単位
計算法	原単位法、衛生器具数による積上げ法

\*1 首都大学東京大学院 名誉教授 工博  
 \*2 建築研究所 理事長 工博  
 \*3 鹿児島工業高等専門学校 校長 工博  
 \*4 東京大学大学院 教授 工博  
 \*5 宇都宮大学 准教授 工博  
 \*6 東京理科大学 准教授 博士(工学)  
 \*7 関東学院大学 教授 工博  
 \*8 日建設計

\*1 Emeritus Prof., Tokyo Metropolitan Univ., Dr.Eng.  
 \*2 Chief Executive, Building Research Institute, Dr.Eng.  
 \*3 Principal, Kagoshima National College of Technology, Dr.Eng.  
 \*4 Prof., The Univ. of Tokyo, Dr. Eng.  
 \*5 Associate Prof., Utsunomiya Univ., Dr.Eng.  
 \*6 Associate Prof., Tokyo Univ. of Science, Dr.Eng.  
 \*7 Prof., Kanto-Gakuin Univ.,Dr.Eng.  
 \*8 Nikken Sekkei Ltd