

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 210）

表計算ソフト入力支援ツールの活用事例

Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems, the BEST (Part 210)

Use example of the input data making tool which was made by a spreadsheet

正 会 員○芝原 崇慶（竹中工務店） 特別会員 村上 周三（建築環境・省エネルギー機構）

技術フェロー 石野 久彌（首都大学東京名誉教授） 技術フェロー 郡 公子（宇都宮大学）

Takayoshi SHIBAHARA*¹ Shuzo MURAKAMI*² Hisaya ISHINO*³ Kimiko KOHRI*⁴*¹Takenaka Corporation *²Institute for Building Environment and Energy Conservation*³Tokyo Metropolitan University *⁴Utsunomiya University

The BEST program can simulate effects of natural ventilation and fresh air control systems. However, time and a skill are necessary because the input data are complicated and enormous to simulate it. In this paper, Use example of the input data making tool which was made by a spreadsheet was shown. Use of this tool makes it possible to simulate the effects of natural ventilation and fresh air control systems in a short time.

1. はじめに

BEST 専門版(建築プログラム)は、外気冷房・最小外気量制御・全熱交換器といった外気導入制御、ダブルスキン・AFW といった高性能外皮システム、自然換気の計算が可能である。また、年間計算及び最大熱負荷計算が可能であり、各種パラメータスタディを行うことが可能である。

BEST 専門版(建築プログラム)に実装されている UI(以降、既存 UI と称す)では、入力項目毎の入力画面が整備されている。各々の入力画面にはマニュアルを見ることなく入力データを作成することを可能とするために、細かな入力項目に関する説明が併記されている。この方式は、初めて BEST を使用するユーザーにとっては便利であるが、ある程度プログラムの使用方法を理解したユーザーが複数ゾーンの入力データを作成するといった観点ではやや煩雑である。この

現状に対し、表計算ソフトを活用した入力支援ツール(以降、ツール①と称す)を開発した¹⁾。

表計算ソフトを活用した入力支援ツールのメリットのひとつは、入力データを表計算ソフト上で数式として入力することを可能としている点である。本報では、この特性を活かし作成したツール(以降、ツール②と称す)の例を示す。

2. BEST 専門版とツール①②の関係性

図 1 に BEST 専門版とツール①②の関係性を示す。BEST 専門版に実装されている既存 UI は入力データ(XML)を作成し、これを計算エンジンへ引き渡す。出力データは csv 形式であり、既存 UI に付属するデータ閲覧ツールにて計算結果を簡易に確認できるが、報告書等を作成する際には表計算ソフトにてデータを加工して利用するといった使用方法となっている。

ツール①は、既存 UI の代わりに表計算ソフトにて計算条件を入力し、計算エンジンに受け渡す入力データ(XML)を作成するものである。

ツール②は、厳選された入力データから表計算ソフトの計算式の機能を活用してツール①の入力データを作成する機能と、出力データ(CSV)を分析する機能を併せ持つものである。基本的な表計算ソフトの機能のみを活用して作成することが可能であるため、一般の設備設計者にも作成できる。また、あるユーザーにて作成されたツール②を適宜編集することで、検討したい内容に特化したツールへと進化させることが出来る。BEST 専門版は入力データが多岐に渡るが、検討したい項目のみを詳細入力可能とし、その他はデフォルト値を利用するといった考え方である。

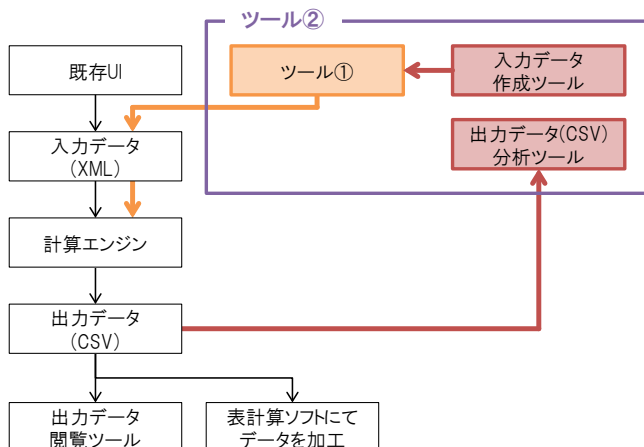


図 1. BEST 専門版とツール①②の関係性

3. 今回作成したツール②の仕様設定方針

BEST 専門版(建築プログラム)は、空調システム側の入力を行うことなく、外気導入制御と自然換気の検討が出来る特徴がある。これは検討に要する入力が簡易化されていると言えるものの、入力データをゼロから作成するには習熟度と時間が必要である。

図 2・3 は BEST 簡易版の入力画面である。コア形状を選択し、主方位・概略の建物寸法を入力することで建物形状を設定する。更に各方位の窓仕様・外壁仕様・底形状を設定することで建物モデルの構築を完成させている。

今回、ツール②の例を作成するにあたって、建築形状の入力は BEST(簡易版)相当とすることとし、外気導入制御や自然換気の入力条件は専門版と同等とすることとした。即ち、建築形状の入力は極力簡略化しつつ、外気冷房・最小外気制御・全熱交換器といった外気導入制御や自然換気については、各種制御パラメータの設定を可能とし、様々な検討が可能となるツールを目指した。BEST 簡易版では、空調・換気・照明・昇降機といった各種設備の入力も行うことで建物全体のエネルギー消費量を算定することが可能であるが、本ツールでは熱負荷計算のみを計算対象とした。

4. 今回作成したツール②の仕様

4.1 入力データ作成ツール

図 4 に今回作成したツール②の入力データ作成ツールを示す。大きくは 7 つの入力項目が準備されている。青色のセルには数値を入力し、緑色のセルにはあらかじめ準備された選択項目から選択する。計画内容が把握出来ていれば入力に要する時間は 10 分もかからないし、ケーススタディのためのパラメータ変更は 1 分もかからない。

①建物形状と方位：サイドコアの基準階オフィスを対象としている。主方位、建物の平面的な寸法、階高、天井高、外壁断熱厚さを入力する。

②建物部材(方位別入力)：各方位のガラス種別、窓面積率、底形状を入力する。①②入力値から、BEST 専門版の外表面、外部形状日除け、各ゾーンの床面積・外壁面積・ガラス面積・内壁面積・ゾーン間換気を設定している。

③内部発熱(各ゾーン共通)：人体・照明・機器発熱の原単位を入力する。これらは計算対象の 4 ゾーン共通とし、スケジュール値は BEST のデフォルト値とした。

④外気導入(各ゾーン共通)：単位面積当たりの外気導入量を入力する。4 ゾーン共通とし、BEST 専門版のゾーン空調条件に反映される。後述の外気導入制御と関連する入力項目となる。

⑤外気導入制御：外気冷房・最小外気制御・全熱交換器のあり/なしを選択し、各種制御設定値を入力する。BEST 専門版の非連成計算_外気導入制御・空調運転モード

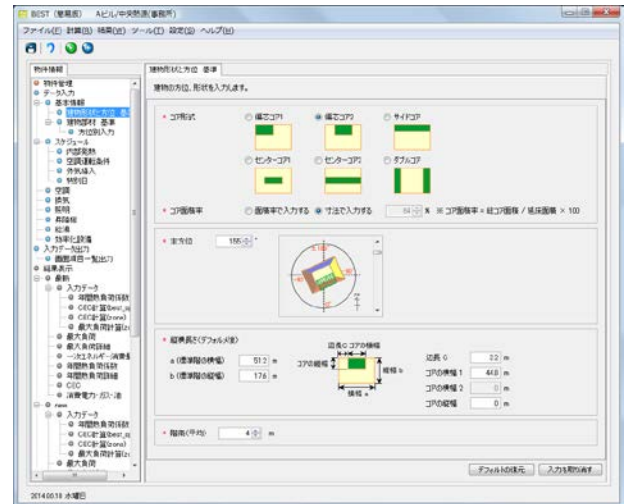


図 2. BEST 簡易版の入力画面(建物形状と方位)

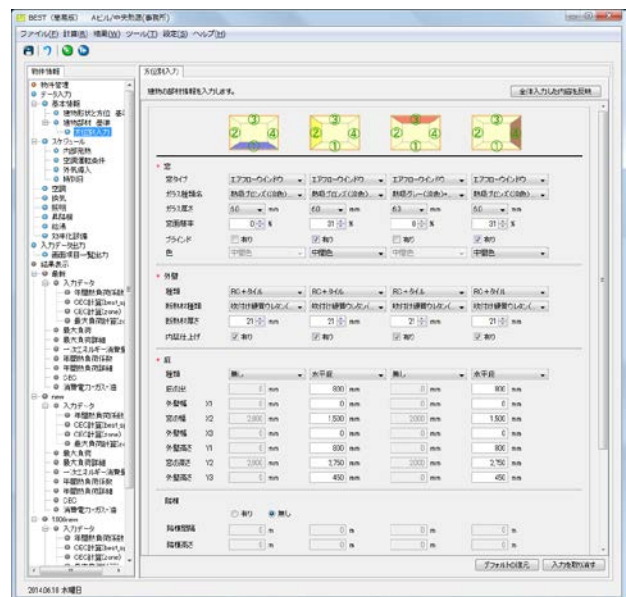


図 3. BEST 簡易版の入力画面(建築部材の方位別入力)

に反映される。今回作成したツールは外気導入制御のパラメータスタディを可能とすることに主眼を置いているため、入力項目は専門版と同等とした。

⑥自然換気口面積：各ゾーンの自然換気口面積を入力する。自然換気口の方位は、①建物形状と方位にて入力した主方位から自動計算して反映される。有効開口面積法をツール内部で選択しているため、自然換気口の面積及び設置方位の検討に有効である。

⑦自然換気制御：自然換気の制御設定値を入力する。BEST 専門版の自然換気制御に反映される。外気導入制御と同様に、自然換気制御のケーススタディを可能とするために、入力項目は専門版と同等とした。

4.2 BEST 専門版への入力データの取り込み

ツール②はツール①を包括した表計算ソフトの 1 ファイルとして作成されている。BEST 専門版への取り込み方法はツール①と同様に、BEST 専門版のツールメニューからモデリングを選択し、作成した表計算ソフトのファイルを選択するだけでよい(図 5)。

①建物形状と方位

主方位

建物形状

横幅A

縦幅B

ペリメータ
ゾーン奥行

階高

天井高さ

外壁断熱厚さ

②建物部材(方位別入力)

	ゾーン①	ゾーン②	ゾーン③
ガラス種類	日射遮蔽型Low-E	日射遮蔽型Low-E	日射遮蔽型Low-E
窓面積率	65%	65%	65%
外壁面積	17.2 m ²	34.4 m ²	17.2 m ²
窓面積	32.0 m ²	64.0 m ²	32.0 m ²
床面積	49.0 m ²	110.5 m ²	49.0 m ²
庇・隣棟			
X1(外壁幅)	0 m	0 m	0 m
X2(窓幅)	0 m	0 m	0 m
X3(外壁幅)	0 m	0 m	0 m
Y1(外壁高さ)	0 m	0 m	0 m
Y2(窓高さ)	0 m	0 m	0 m
Y3(腰壁高さ)	0 m	0 m	0 m
Z1(庇の出)	0 m	0 m	0 m
Z2(庇の出)	0 m	0 m	0 m
Z3(庇の出)	0 m	0 m	0 m
D1(隣棟間隔)	0 m	0 m	0 m
D2(隣棟高さ)	0 m	0 m	0 m

③内部発熱(各ゾーン共通)

人

照明

コンセント

④外気導入(各ゾーン共通)

取入外気量

⑤外気導入制御

項目	ゾーン①	ゾーン②	ゾーン③
外気冷房	あり/なし	あり/なし	なし
最小外気量制御	あり/なし	あり/なし	なし
全熱交換器	あり/なし	あり/なし	なし
外気冷房・全熱交換器共通			
許可条件	室内外エンタルピ差 考慮する/しない		考慮する
外気冷房			
最大外気量比[-]			3 [-]
許可条件			
	下限外気温度[°C]		10 [°C]
	上限外気露点温度[°C]		19 [°C]
	下限外気露点温度[°C]		0 [°C]
	外気冷房用設定室温[°C]		24 [°C]
最小外気量制御			
下限外気量比[-]			0.25 [-]
全熱交換器			
許可条件	室内外温度差 考慮する/しない		考慮する
	効率[-]		0.6 [-]
	下限外気量比[-]		0.5 [-]

⑥自然換気口面積

ゾーン①

ゾーン②

ゾーン③

⑦自然換気制御

項目	モード	値
下限外気温度[°C]	通常モード	18 [°C]
	夜間等モード	16 [°C]
上限外気相対湿度[%]		90 [%]
上限外気露点温度[°C]	通常モード	19 [°C]
	夜間等モード	30 [°C]
上限外部(屋上)風速[m/sec]		10 [m/sec]
下限室温[°C]	通常モード	24 [°C]
	夜間等モード	22 [°C]
室内外エンタルピ差	考慮する/しない	考慮する
空調中の自然換気(非連成)	冷房中の自然換気許可する/しない	許可する

図4. 今回作成したツール②の入力データ作成ツール

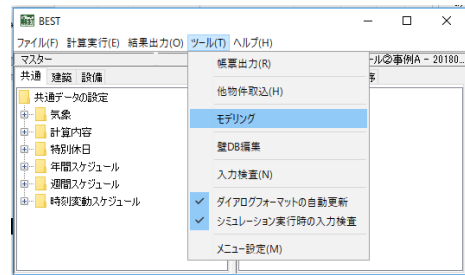


図5. 専門版への入力データ取込方法

月	装置負荷(暖房)	装置負荷(冷房)
1月	-34	0
2月	-33	0
3月	-18	1
4月	-1	4
5月	0	18
6月	0	28
7月	0	62
8月	0	72
9月	0	30
10月	0	19
11月	-4	4
12月	-26	1
合計	-113	239

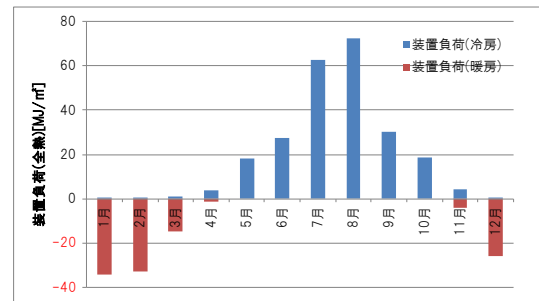


図6. 今回作成したツール②の出力データ分析ツール

4.3 出力データ分析ツール

BEST 専門版の計算結果出力ファイルのデータは、屋外気象・室内温湿度・PMV・OT・室負荷・装置負荷・照明コンセント電力・外気導入制御の制御状態・自然換気制御状態等で構成されており、情報量が膨大である。各種パラメータスタディを行い、その結果を分析する過程では、各ケースの結果を同様のフォーマットにて取り出し、それを比較分析するといった使い勝手になると想定される。この作業を簡易化するために、ツール②には、出力データを分析するツールを実装した。具体的には、入力データ作成ツールのシートとは別シートに、図6に示す出力データ分析ツールのシートを追加した。データ取込ボタンを押し、計算結果ファイル(bestBuilM.csv等)を選択するとそのデータを取り込むことができる。取り込んだデータから(図6の例では)計算対象全ゾーンの月別装置負荷をピックアップしグラフ化することを可能としている。

この機能を活用すれば、例えば、夏期・冬期の代表日における時刻変動や空調時間帯のPMVの頻度分布をピックアップしグラフ化することも可能である。ケーススタディの作業効率はかなり改善されると思われる。

5. 今回作成したツール②の活用事例紹介

ツール②の強みは、簡易な入力にて様々なパラメータスタディを行うことを可能としている点である。今回作成したツール②は、建築形状の入力を簡便にしながら、外気導入制御や自然換気の詳細検討を可能としている点である。

図7は、標準条件の月別装置冷暖房負荷である。年積算では冷房：239MJ/m²年、暖房：113MJ/m²年である。標準条件は、図4に示すとおりである。ツール②の利便性として、標準条件および各種パラメータスタディの計算条件の一覧性に優れる点も挙げられる。

図8は、建物方位のケーススタディ結果である。図6に示す表計算ソフトベースの入力画面のうち、主方位(標準条件ではコアが真北にあると設定されている)の数値のみを書き換えて計算した結果である。

図9は、ガラス種類・窓面積率のケーススタディ結果である。図6の「②建物部材」のうち、「ガラス種類」と「窓面積率」のみを書き換えて計算した結果である。今回試算では各方位のガラス種類や窓面積率は同一として試算したが、方位毎に仕様を設定することも可能である。また、今回の試算では対象外としたが庇形状の検討も可能である。

図10は、外気導入制御(外気冷房・最小外気制御・全熱交換器)と自然換気のケーススタディ結果である。今回試算では外気導入制御(外気冷房・最小外気量制御・全熱交換器)は有無のみを、自然換気は開口面積のみをパラメータとした。しかしながら、実務設計者としては、各種制御の採否だけでなく、仕様(外気冷房時の外気導入量や自然換気開口の面積や配置)や制御設定による効果の違いは興味深い内容である。これらを簡易に、しかも精度よく試算できるツールはこれまで存在しなかったと思われる。

6. まとめ

BEST 専門版の表計算ソフトを活用した入力支援ツール(ツール①)をベースとし、表計算ソフトを活用した入力支援ツールのメリットのひとつである、入力データを表計算ソフト上で数式として入力することを可能となる点に着目し、BEST 簡易版程度の入力にて、外気導入制御や自然換気の効果を検討可能なツール②の作成例を示した。ツール②は、BEST 専門版の良さを活かしながら、短時間にて各種検討を行うことを可能としていると言える。

今回作成したツールにも、建築形状入力の制約といった問題点はある。今後はこれらのバリエーションを追加していくことで、ユーザーの要望に応えることができ、結果として省エネルギーな建築設備計画立案の効率化に寄与できると考えられる。

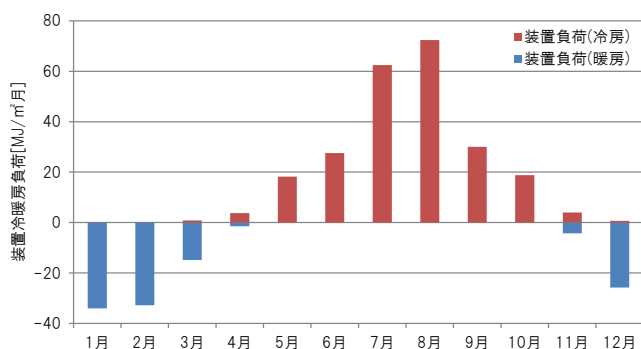


図7. 標準条件の月別装置冷暖房負荷

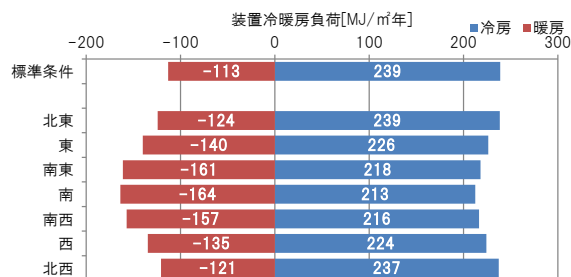


図8. 建物方位のケーススタディ結果

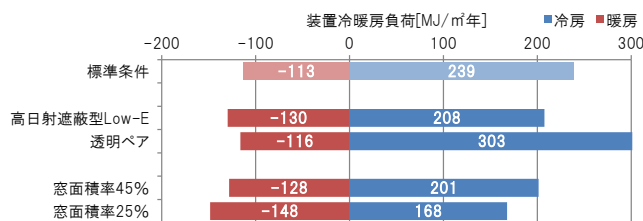


図9. ガラス種類・窓面積率のケーススタディ結果

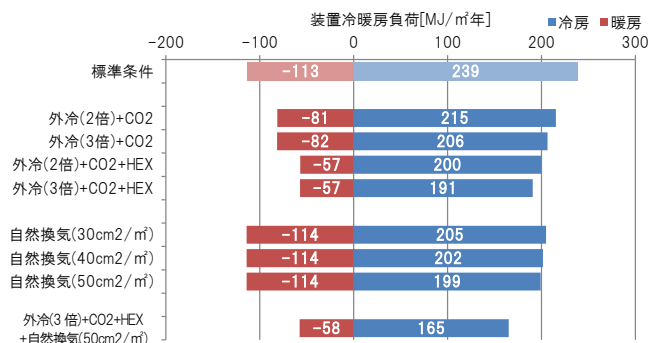


図10. 外気導入制御・自然換気のケーススタディ結果

【参考文献】

1)芝原、村上、石野、郡: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80報 表計算ソフトを活用した入力支援ツール、日本建築学会大会学術講演梗概集、2018年

【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)、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:木下泰斗(日本板硝子)、奥田篤(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)、長井達夫(東京理科大学)、二宮秀典(鹿児島大学)、相沢則夫(大林組)、野原文男、長谷川巖、滝澤絵、二宮博史、丹羽勝巳、久保木真俊、大浦理路(以上、日建設計)、柳井崇、品川浩一、山本佳嗣(以上、日本設計)、小林信裕(前田建設工業)、事務局:生稻清久、石田真理(建築環境・省エネルギー機構)