

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 222）
次の 10 年間における持続的な BEST 開発に向けて

**Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems,
the BEST (Part 222)**

Toward Sustainable Development of the BEST program for the next decade

技術フェロー ○野原文男（日建設計総合研究所） 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（首都大学名誉教授） 正会員 牧村功（名細環境・まちづくり研究室）
技術フェロー 郡公子（宇都宮大学教授） 正会員 長谷川巖（日建設計）
正会員 飯田玲香（日建設計） 正会員 川津行弘（日本設計）

Fumio NOHARA*¹ Shuzo MURAKAMI*² Hisaya ISHINO*³ Isao MAKIMURA*⁴

Kimiko KOHRI*⁵ Iwao HASEGAWA*⁶ Reika IIDA*⁶ Yukihiko KAWAZU*⁷

*¹ Nikken Sekkei Research Institute *² Institute of Building Environment and Energy Conservation

*³ Tokyo Metropolitan Univ. *⁴ Naguwashi E & TP Lab. *⁵ Utsunomiya Univ.

*⁶ Nikken Sekkei *⁷ Nihon Sekkei

In this report, the footsteps of the BEST program development that we have been working on to expand users since we started in 2007 are briefly introduced. Author's expectation at the beginning of the development was that all of MEP engineers would always calculate and estimate the energy performance of the buildings using the BEST when they designed those systems. However, unfortunately there are only a few engineers who do this though it has past 12 years. To break down this situation, author's thoughts regarding sustainable development necessary for the next decade are also introduced.

はじめに

2007 年に BEST 開発のマクロデザインを発表してから 12 年余が経過した。開発意義に賛同頂いた多くの企業の方々、学識者の方々に支えられてここまで来られたことを大変嬉しく思う反面、個人的には不満なことがある。それは、筆者が期待したところの「建築設計に携わる技術者は自ら設計した建物のエネルギー性能を BEST で計算し、その結果を建物の運用管理に活かすようになること」が未だ実現していないことにある。しかも現状はこの夢に近づいているどころか、仮に今後も同じ経過を辿るとするならば、所詮は夢で終わってしまうように思える。何故か？ BEST が将来も持続的に発展し続けるためにもこの疑問に向き合い、次の 10 年の糧にする必要がある。

1. 幅広いユーザーの獲得を目指して（これまでの実績）

1.1 学会発表と表彰業績

BEST 開発チームによる空気調和衛生工学会大会への論文発表は 2007 年に第 1 報を報告して以来、昨年までに 220 報を数えた。同じく日本建築学会大会への論文発表は 2008 年に始まり、昨年までに 84 報を報告した。また、ASHRAE への論文発表も 2017 年、2018 年の 2 年間で合計 5 報を報告したところである。

BEST 開発は、これまでの持続的かつ精力的な活動が高い評価を受け、空気調和衛生工学会からは 2016 年に技術賞と論文賞を、2018 年には文部科学大臣表彰・科学技術賞を受賞するなど多くの表彰を受けている。

以上の業績は、本プログラムの卓越した計算理論や計算精度の高さ、応用範囲の広さや最新技術への対応の証左であり、今後もこうした活動を通じて優れた点をアピールし、ユーザー獲得に貢献していきたい。

1.2 簡易版の開発（ポイント法に替わるツールとして）

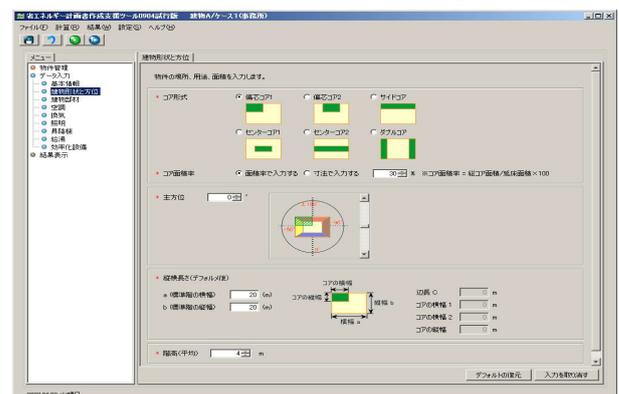


図 1 簡易版の UI 例

BESTは専門版を中心に開発が進められている。現在もそのことに変わりはない。専門版はBESTファミリーに共通する計算エンジン(モジュールとフレームワーク)と開発者向けのUIからなっている。特に設備計算はその汎用性を高めるためEnergyPlusと同様に、モジュールを繋いでシステムを表現するようにしている。またそのモジュールは研究者や開発者向けを想定しているため小さな単位になっている。このため、専門版を使ってシステム構築(入力)しようとする、接続箇所が多くなりかなり手ごわいことになる。さらにモジュールにはコントローラも含まれることから専門的な知識も要求される。そこで、モジュールを予め繋いだテンプレートを用意し接続箇所数を減らす工夫をしているが、それでも建物全体を入力しようすると大変な作業になる。

研究者や開発者にとっては使い易い、あるいは目的に叶った使い方の出来る専門版ではあるが、普及という側面では課題がある。そこで、専門的な知識に乏しい人でも使えるUIを目指し、最初に作ったのが簡易版のUIである。

簡易版UIが簡単な理由は、入力データ量が少ないからであるが、このままでは詳細なデータを必要とする専門版の計算エンジンに引き渡すことが出来ないため、変換ソフトが用意されている。この変換ソフトでは、不足するデータにデフォルトを用意する他、機器の繋がり方を制限することなどで不足分に対応している。

簡易版は、当時の省エネ法における5,000㎡以下の小規模建物に適用可能なポイント法に替わるツール(省エネ計画書作成支援ツール)を目指した。年間一次エネルギー消費量に加えてPALも計算できる。2009年に公表したが、建築の平面形状をやや簡素化して入力することから計算精度が劣るのではないかと指摘を受けたことは開発者からみると本意であり残念であった。簡易版はPAC空調や、比較的シンプルなセントラル熱源に対応していて、基本構想段階や地域計画などにおいては十分な計算精度を持っている。こうした理解が進めば簡易版の活用機会がもっとあると考えている。

1.3 平成25年省エネ基準対応ツールの開発

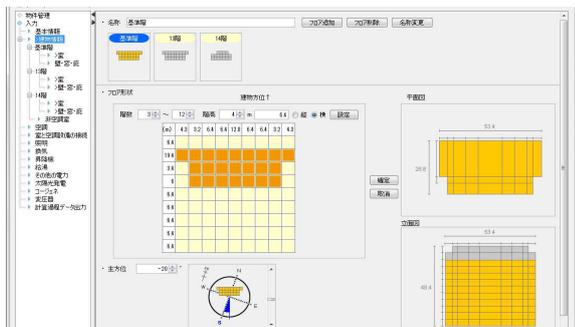


図2 平成25年省エネ基準対応ツールのUI

2011年に発生した東日本大震災以降、省エネに対する社会ニーズはこれまで以上に大きくなった。2012年には

平成25年省エネ基準対応ツールの元になったUIを発表した。簡易版のUIとは異なり建築平面形状の入力は、ほぼ実際の建物と同じ形状に入力することができる。小規模なオフィスを中心とした簡易版とは異なり、大規模でしかも多用途の建物にも使えるようになっている。このため、やや手の込んだセントラル熱源方式などにも対応できる。入力時のユーザーフレンドリーを目指して系統図が画面に現れるように工夫した。

基準値にはASHRAE Standard 90.1-2010に倣いベースラインビル法を採用し、全国842地点の気象データが使える他、独自に定義したPAL-BESTを計算するなどの特徴を有している。基準値の在り方に関してはこれまでも色々な議論があったが、技術的にはベースラインビル法が最も理に叶った方法と今でも筆者は確信している。

平成25年省エネ基準対応ツールを用いて申請された建物は2014年2月～2015年4月の間に53件あった。このソフトは、現在は公開されていないが、設計ツールとしてIBECホームページ上に公開されているものとはほぼ同等のものである。

この頃になると届出に使える目途がたってきたことから学会への投稿論文を通じて生涯ツール(基本設計→実施設計→施工→運用⇄改修設計)としてBESTを活用することを提案し始めている。漸く設計者に与える負担が少なく、施工者やビル管理者も容易に操作できるUIが出来たのではないかと自信が持てるようになってきた。その一方で、入力が少ないということは、計算エンジンに引き渡すための変換部分が複雑かつ膨大になるということであり、プログラムの継承と言う観点からはその阻害要因になり兼ねないので要注意である。

1.4 誘導基準対応ツール(生涯ツールとしてBESTの活用を目指して)

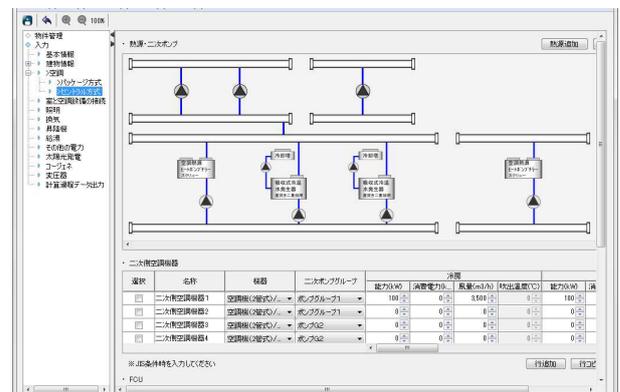


図3 誘導基準対応ツールのUI

2015年になると国土交通省から建築物省エネ法が公布され、一定規模以上の建物は同法に基づく基準値適合が義務化された。義務化に伴い、BESTは適合性判定(所謂、適判と呼ばれ、基準値をクリアしているか否かの判定)に使われるプログラムではなく、性能向上計画認定におけ

る誘導基準適合（非住宅の場合は基準値よりも 20%以上小さい）を目指す時に使われる国土交通大臣が認定するプログラムを目指すことにした。元々、BEST は今流に言えば、ZEB や nearly-ZEB、ZEB-ready のような高度な省エネを目指す建物に使われることをイメージしてきたので、当初の予定通りと言える。これを前提に、国土交通省、建築研究所、国土技術政策総合研究所に BEST 開発側を交えた検討委員会を IBEC 内に設置し協議を重ねてきた。

誘導基準対応ツールは、基本的には平成 25 年省エネ基準対応ツールに手を加えたものである。協議は慎重かつ広範囲に及んだことから 3 年余を要したが、漸く昨年末に技術的審査を完了することができた。ここでは検討委員会での経緯などについては省略するが、BEST 開発側としては、普及のためには誘導基準対応ツールとして認定を受ける必要があると判断し、技術的審査に注力した。この報文が発表される頃には、審査者向けの講習会も終了し、晴れて誘導基準対応ツールとして正式にリリースされていることを願っている。

1.5 アカデミックユーザーへの無償解放

2013 年から BEST 企画委員会（主査：村上周三先生）で審議し、アカデミック（大学等の教育機関）への BEST プログラムの無償解放をすることにした。目的は勿論、ユーザーの拡大であるが、①授業にシミュレーションを取り入れ学生時代からシミュレーションへの抵抗感を無くすこと、②研究論文や修士論文、委託研究などに使うことで慣れ親しみ、社会人になってからもユーザーを継続してもらおうことを狙いとした。

この狙いは現在のところ功を奏していると思われることから、今後もアカデミックユーザーへの無償解放を継続する予定である。

1.6 住宅版の開発（裾野の広い住宅分野におけるユーザー拡大）

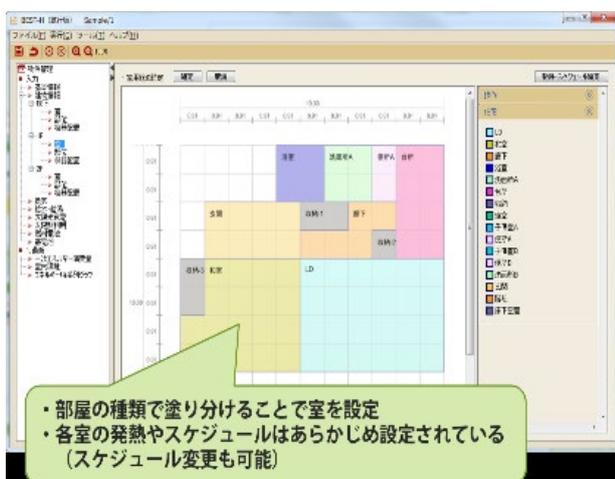


図 4 住宅版の UI

2016 年から住宅・建築関連先導技術開発助成事業（国土交通省住宅局住宅生産課）を受け、住宅版の開発に着手

し 2017 年に公表した。BEST はそもそも多数室計算、PMV のような温熱環境指標計算など住宅版を使用すると思われるユーザーのニーズに沿った機能要件を満たしていた。そこでこれまでの非住宅用の建材や設備を中心にしたデータベースに、住宅で使われる建材や設備機器を加えることで ZEH のための精度の高い省エネルギー計算や、ウェルネス住宅を目指して、室温分布や時刻変化など健康面からも住宅評価を行えるソフトにすることができた。裾野の広い住宅分野で BEST がますます普及していくことを期待している。

2. 次の 10 年に向けて

2.1 アカデミックユーザーの報告書の分析

先述したように 2013 年からアカデミックユーザーに対して BEST を無償解放（1 年間の期間限定で継続する場合は更新申請が必要の他、パソコンの MAC アドレス毎の利用、使用開始にあたり計画書の提出、使用終了時には報告書の提出を義務付けているなど一定の制限がある）することにした。報告書について 6 年間分のデータが溜まったので分析を試みた。結果を以下に報告する。

(1) 利用大学数の変遷

利用大学数は毎年増え続けてきており、昨年までに 48 校にのぼる（図 5）。特に昨年は新規に 10 校が加わった。数年に亘り継続的に使用されている大学がある一方で、使用開始後、1~2 年で使わなくなった大学も多い。研究テーマの変更などの理由もあると思うが、使用を見送った背景に何かあるのか？ 2017 年以前で 1 年の使用だけで使わなくなった 11 校の報告書を調べてみたところ、専門版を利用した大学は 4 校で、その殆どで、「上手く使えなかった・エラーがあった」という回答であった。残りの 7 校においては、平成 25 年省エネ基準対応ツールや簡易版・住宅版を利用しており、こうしたユーザーの殆どは、「快適に使えた・〇〇の改善があるとなお良い」といった回答が多かった。BEST を継続利用してもらうためには、前者のような大学に対しては、研究者や開発者向けの使い方を示した専門版のマニュアル作成、UI の改良などが必要であり、後者に対しては報告書に記載された改善要望に耳を傾ける必要がある。

また、ほぼ毎年利用頂いている大学も多くあり、こうしたユーザーからの声を大切にすることで、他大学への利用拡大のヒントが有るかも知れない。

(2) 利用目的

アカデミックユーザーの BEST の利用目的を分析した。結果を表 1 に示す。BEST の特徴である連成計算をはじめとする計算精度の高さ、電気設備や衛生設備も同時に計算する総合性といった点を研究活動に活用されていることが分かる。例えば、再生可能エネルギー利用の推進には地域エネルギーネットワークといった観点からの研究が増えることが今後、予想される。こうした研究ニーズに対

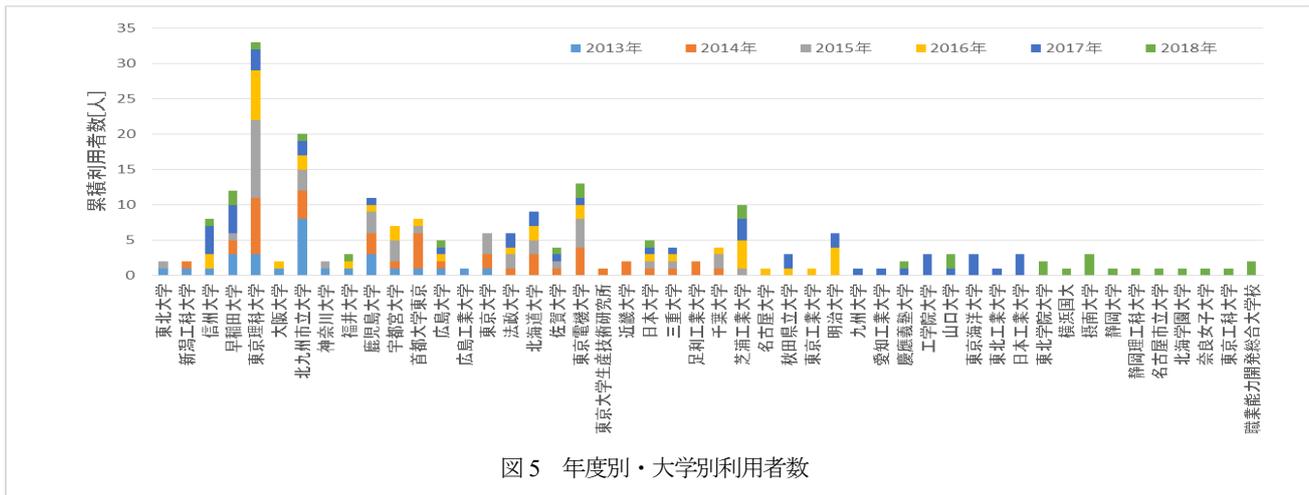


図5 年度別・大学別利用者数

応して、熱融通や電力融通、DSMに関連するプログラム開発が望まれると考える。

表1 BESTの利用目的

	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年
省エネ・エネルギー特性・性能検証	15	33	28	28	22	9
プログラム比較・精度検証・作成	5	3	5	4	4	2
熱環境・快適・健康	2	4	6	1	3	5
ZEB・ZEH	2	0	0	2	4	9
未利用・再生可能・スマートエネルギー	0	3	2	2	4	2
DR・節電・スマートグリッド	4	2	0	0	0	2
授業	2	2	0	1	1	0
創エネ・蓄電	1	3	0	0	2	0
自然採光	1	0	0	0	3	1
自然換気	0	0	1	2	0	1
建築熱性能	0	0	1	0	1	1
ヒートアイランド	1	0	0	0	0	0

表2 専門版ユーザーの声

Positive Opinion	声の数
1. 使い易い・分かり易い	19
2. 多様な入力・計算が出来る	17
3. マニュアル・動画が充実	15
4. 精度が高い・実測値と一致	11
5. UIが充実している	3
6. 海外の気象データが使える	3
計	68
Negative Opinion	声の数
1. 接続が難しい・モデル作成が困難	12※
2. 入出力項目・材料などが不足	10
3. GUIが必要	8
4. 計算速度が遅い・不具合あり	7
5. 使いにくい・分かりにくい	4※
6. マニュアルなどが不足	3
計	44

※特徴的な意見として、テンプレートの充実、ユーザー作成テンプレートのライブラリ化を望む声があった。空調設備の入力の難しさを解消する必要がある。

(3) ユーザーの声

特に専門版については、その利用の難しさを指摘する声が開発者側の中にもある。そこで、ユーザーの声が気に

なったので分析した。その結果を表2に示す。

ポジティブな意見とネガティブな意見の両方を同時に比較すると面白いことが分かる。例えば、「使い易い」「UIが充実」というポジティブな回答に対して、それとは真逆な「使いにくい・難しい・困難」「GUIが必要」という回答もかなりある。このように真逆な回答があるのは何も専門版に限ったことではなく、平成25年省エネ基準対応ツールや住宅版などにも同様の傾向がある。何故、こうした真逆な回答がどのツールでも発生するのか？

先述したように、専門版に関しては接続箇所数が多く専門的な知識が求められることから「使いにくい、難しい」といった意見になっていると推察される。テンプレートなどによりその課題解決を試みてきたが、アカデミックユーザーは様々な利用目的があるため、テンプレートだけでは解決しきれないということであろう。さらに、アカデミックユーザーは空調システムの設計経験がそもそも無いのは当然であり、そうしたユーザーにも空調システムを比較的容易に構築・接続できるようにしないといけない。このためには、ユーザーからの指摘にもあるように、テンプレートの更なる充実やライブラリ化も検討の余地がある。

おわりに

プログラム開発に終わりがあってはいけない。これまでの12年間を振り返ってみたところ、これからの10年に向けて小手先の課題解決ではなく、フレームワークの改良など思い切って舵を切らないといけない時期になっていることに気付かされた。

また、環境問題緩和に向けてBEST開発が必須と言う思いで取り組んできたが、残念ながら温暖化は異常気象という実体をとまなう被害を次々にもたらし始めている。設計して終わりではなく、運用段階におけるエネルギー消費にも我々設計者は責任を持つべきである。さらに、時代はIoT、AIへと急速に変化している。そんな時代にBESTがどうあるべきかといった議論も必要であろう。開発者の世代交代も迫って来ている。以上