



ガイドライン説明会（東京／オンライン） 2023/07/31

# “SHASE-G 0023-2022 建物エネルギーシミュレーション ツールの評価手法に関するガイドライン”

主旨説明

はじめに

要旨

1. 目的

2. 適用範囲

3. 用語説明

4. 建物エネルギーシミュレーションツールのテスト方法

吉田治典（京都大学・名誉教授）

はじめに

**要旨**

**1. 目的**

**2. 適用範囲**

**3. 用語説明**

**4. 建物エネルギーシミュレーションツールのテスト方法**

4.1. テスト方法の概要

4.2. 熱負荷シミュレーションツールテストの目的

4.3. 空調システムシミュレーションツールテストの目的

4.4. テスト手順およびモデリングに際しての注意事項

**5. 熱負荷シミュレーションツールのテスト**

5.2. 単室テスト

5.3. 複数室テスト

5.4. 建物全体テスト

**6. 空調システムシミュレーションツールのテスト**

6.2. 単体機器テスト

6.3. サブシステムテスト

6.4. 建物・空調システムテスト

6.5. 自動制御ロジックテスト

**7. テストレポート**

Appendix A 入力データファイル

A.1 気象データ

A.2 空調設備シミュレーションツールテスト用熱負荷  
データ

Appendix B 機器データファイル

Appendix C 計算結果入力ファイル

Appendix D ASHRAE Standard 140 の概要および  
本ガイドラインとの関連

Appendix E テストの試行に使用したツールの概要

Appendix F 本ガイドラインにおけるデータと時間の  
考え方

Appendix G テスト試行結果例の補足資料

参考文献

## エネルギーシミュレーションの将来

- エネルギー供給は再生可能エネルギーの利用促進を考慮した最適なエネルギーマネージメントや、デマンドレスポンスを始めとするエネルギーのスマート利用など、
  - **既往の経験が通用しない新しい設計や制御・運用方策が課題**
  - **シミュレーションを用いた分析・検討の必要性**
- 将来は、現在のように設計性能を手計算結果をもとにして判断するのではなく
  - **BIMでモデル化**し、シミュレーションで予測した性能をもとに判断
  - **モデルベース設計** (Model Based Design) に移行
- シミュレーションが、設計だけに留まらず施工から運用に至る基幹技術になる
  - **建築生産のパラダイムシフトとして目指すべき方向？**

## シミュレーションツールは信頼できるか (1) ?

- 種々の建物のエネルギーシミュレーションツールが開発・提供
- 多様な**設備システムへの展開と精度良い推定**という意味では世界の研究レベルにおいても発展途上であり、シミュレーションツールの技術開発は日進月歩
- **“利用するシミュレーションツールは信頼できる結果をだすことができるのか”**
- 2000年頃から、米国を中心に、**開発者がツールの信頼性**を他のツールの結果や実測データと比較して検証・評価するといった取り組みが進められてきた
- ASHRAEでは建築物のエネルギーシミュレーションプログラムの標準テスト方法（ASHRAE Standard 140: Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs）を2001年に発刊し、6回の改訂を重ねている（最新版は2020年版）

## シミュレーションツールは信頼できるか (2) ?

- **本会でも、2013年**に会長直轄の特別委員会において評価手法のガイドライン策定に向けた活動を開始し、**2016年に「建物エネルギーシミュレーションツールの評価手法に関するガイドライン** (Guideline of Test Procedure for the Evaluation of Building Energy Simulation Tool) 」を発刊
- その後、当学会では特別委員会を継続してシミュレーションツールの開発動向をフォローしてこの評価方法の見直し
- 本ガイドラインはその成果を反映した**改訂版**であり、**テスト対象システムを増強**して旧ガイドラインのフォローアップを図ると共に、**初版よりも多くのツールのテスト試行**に取り組み、“**解説として**”その試行結果を載せて**ツール間比較による評価を充実**し、**ツールの信頼性をより客観的に示すための情報提供**



本ガイドラインは「省エネシミュレーションツール評価法作成委員会（活動期間：2013年7月～2015年3月）」、「空調システムのエネルギーシミュレーションツール評価法ガイドライン作成小委員会（活動期間：2015年10月～2016年3月）」、「省エネシミュレーションツール評価法作成委員会（活動期間：2016年4月～2020年3月）」での活動をベースに「空調システムシミュレーション評価法ガイドライン制定委員会（活動期間：2021年8月～2022年7月）」にてガイドラインとして取りまとめたものである。

## 「省エネシミュレーションツール評価法作成委員会（活動期間：2013年7月～2015年3月）」

**委員長** 吉田 治典（岡山理科大学、京都大学名誉教授） **幹事** 山口 弘雅（関西電力）、小野 永吉（鹿島建設）

**委員** 赤司 泰義（東京大学）、阿部 裕司（竹中工務店）、伊香賀 俊治（慶應義塾大学）、一ノ瀬 雅之（首都大学東京）、井上 隆（東京理科大学）、内海 康雄（仙台高等専門学校）、相賀 洋（大林組）、佐藤 正章（鹿島建設）、長井 達夫（東京理科大学）、丹羽 英治（日建設計総合研究所）、安田 健一（三菱地所設計）、山中 俊夫（大阪大学）、横井 睦巳（大成建設）

**WG 委員** 伊藤 清（清水建設）、木村 健太郎（高砂熱学工業）、住吉 大輔（九州大学）、細淵 勇人（秋田県立大学）、宮田 征門（国土技術政策総合研究所）

## 「標準化委員会 空調システムのエネルギーシミュレーションツール評価法ガイドライン作成小委員会（活動期間：2015年10月～2016年3月）」

**委員長** 吉田 治典（京都大学名誉教授、建築設備コミショニング協会） **幹事** 伊藤 清（清水建設）、小野 永吉（鹿島建設）

**委員** 赤司 泰義（東京大学）、阿部 裕司（竹中工務店）、井上 隆（東京理科大学）、内海 康雄（仙台高等専門学校）、葛 隆生（北海道大学）、木村 健太郎（高砂熱学工業）、佐藤 正章（鹿島建設）、住吉 大輔（九州大学）、富樫 英介（工学院大学）、長井 達夫（東京理科大学）、宮田 征門（国土技術政策総合研究所）

## 「省エネシミュレーションツール評価法作成委員会（活動期間：2016年4月～2020年3月）」

**委員長** 吉田 治典（京都大学名誉教授、建築設備コミショニング協会） **幹事** 伊藤 清（清水建設）、小野 永吉（鹿島建設）、山口 弘雅（関西電力）

**委員** 赤司 泰義（東京大学）、阿部 裕司（竹中工務店）、井上 隆（東京理科大学）、内海 康雄（仙台高等専門学校）、葛 隆生（北海道大学）、木村 健太郎（高砂熱学工業）、佐藤 正章（鹿島建設）、品川 浩一（日本設計）、住吉 大輔（九州大学）、富樫 英介（工学院大学）、長井 達夫（東京理科大学）、二宮 博史（日建設計）、藤井 良平（四国電力）、宮田 征門（国土技術政策総合研究所）、矢島 和樹（新菱冷熱工業）

**オブザーバー** 宮田 翔平（東京大学）

## 「空調システムシミュレーション評価法ガイドライン制定委員会（活動期間：2021年8月～2022年7月）」

**委員長** 吉田 治典（京都大学名誉教授、建築設備コミショニング協会） **幹事** 伊藤 清（清水建設）、山口 弘雅（関西電力）

**委員** 赤司 泰義（東京大学）、井上 隆（東京理科大学）、小野 永吉（鹿島建設）、品川 浩一（日本設計）、富樫 英介（工学院大学）、二宮 博史（日建設計）、藤井 良平（四国総研）、宮田 翔平（東京大学）、宮田 征門（国土技術政策総合研究所）、矢島 和樹（新菱冷熱工業）

## シミュレーションツールの評価方法を策定する動機・意義は？

- ユーザーは、結果の信頼性を高めるために**入出力ミスの確認**はできても、ツールそのものの**妥当性を自らが検証・評価**することは通常行えない。
- 種々のツールによる**シミュレーション結果がどの程度合致**するのか、結果に乖離があればそれはどの程度なのかなど、**ツール間の性能や特性の差**について知りたい。
- **ツールの開発者**にとって、自己チェックでツールのバグや計算アルゴリズムの誤りをすべてを見つけ出すことは大変困難である。**第三者的な検証手法**が提供されていればそれを用いてツールのバグを発見するなど開発作業の省力化と信頼性向上につながる。
- 行政機関など、**省エネルギー性能を認可・認定する機関**にとっては、標準化されたツール評価手法によって**検証されたツールで省エネ効果を推定することを要求条件**にするという利用方法もある（実際に米国ではそのような利用が実施）。

## 本ガイドラインとその評価手法に関する特徴と注意点 (1)

- 本ガイドラインの将来の改訂では、建築的な省エネ手法、再生可能エネルギー、照明や給水・給湯など、**建築全般のエネルギーシミュレーションを対象**とする。
- **学術的には“ツールにバグがないことを評価する手法”**の開発が重視されるが、実務的にはユーザー（モデラー）の**理解力や習熟度の不足によって不適切な結果を得てしまう**ことの方がより重大な問題なのかもしれない。そのため、本ガイドラインは**ユーザーのトレーニング教材として活用**することも重要だと考えている。
- シミュレーションツールは、基幹部分であるソルバーに**前処理や後処理のためのツールを統合して開発**される。前後処理のツールの影響も無視できないが、本ガイドラインでは**ソルバー部分のみの検証・評価に限定**している。ツールユーザーは、**前・後処理ツールの信頼性については別途検証**することを推奨する。



- 本ガイドラインは、熱負荷計算を含む空調システムのエネルギーシミュレーションツールの信頼性を判定するための標準的なテスト方法
- はじめに
- 第1章 目的
- 第2章 適用範囲とガイドラインの構成
- 第3章 用語説明
- 第4章 建物エネルギーシミュレーションツールのテスト方法
- 第5章 熱負荷シミュレーションツールのテスト
- 第6章 空調システムシミュレーションツールのテスト
- 第7章 テストレポート作成
- Appendix
- まとめ

## 1. 目的

- 本指針は、熱負荷計算を含む空調システムのエネルギーシミュレーションツールの**信頼性を判定するための標準的なテスト方法**を定めることを第一義的な目的
- 同時にツールユーザーが**ツールを利用するための教育・訓練**にも活用することを第二義的な目的とする。

## 2. 適用範囲

- 本ガイドラインの評価対象は、**業務用ビルの空調設備（熱源設備を含む）**、ならびにこれに付属する**換気設備**に対する**エネルギーシミュレーションツール**に限定する。
- 当面、給湯設備・照明設備・搬送設備、ならびに太陽光発電や住宅とその設備のエネルギーシミュレーションツールは、**当面、対象外**とする。

## 2. 適用範囲(2)

- 評価対象とするのは次のようなシミュレーションツールである。
- **1時間以下のサンプリング時間**によって非定常伝熱計算により熱負荷を求め、そのサンプリング時間以下の間隔で**1年間のエネルギー消費量が推定できるツール**。
  - **建物の熱負荷と建築設備を連成して解いてエネルギー消費量を求めることのできるツール**。
  - 非定常熱負荷は別途計算し、**それを入力として建築設備のエネルギー消費量を求めることのできるツール**。
- ツールのアルゴリズムなどの**公開性は推奨されるが非公開でも可**とする。
- 本ガイドラインが定める**テスト条件の一部を規定通りに満たすことができない**というツールでも、その**限界や制約を示す**ことにより本評価手法を適用することを可とする。

- 本ガイドラインは**行政施策のニーズに応えることを目的として開発したものではなく**、あくまでも学術的な観点でツールの信頼性を評価する手法として開発したもの
- 例えば、ツールの認定に本ガイドラインをどう適用すべきかとか、あるツールの結果がどの程度乖離していれば**信頼性に欠けるかの判断基準については言及していない**。
- 本ガイドラインが規定するテスト方法や手順ならびに評価方法の説明を**規定部分 (Normative)** として黒枠で示している。黒枠以外はテスト方法や試行結果の解説などという有益な情報としての**補足説明 (Informative)** である。

### 4.1 テスト方法の概要

建物エネルギーシミュレーションツールのテストは、熱負荷シミュレーションと空調システムシミュレーションに大別してテストする。

<解説>

室内側の温熱環境と空調システムの挙動は相互に影響を与えるため、熱負荷シミュレーションと空調システムシミュレーションは～6章のテスト方法とテストレポート作成...

図 2.1 規定 (Normative) と補足説明 (Informative)

- 「ガイドライン」自体 (規定部分) は黒枠内で、「解説」はあくまで補足説明である。

### ➤ (3) (ツールの) 評価

ツールの評価とは、テスト方法で定めた一連のシミュレーションを実施し、その結果を

- 物理的な正解や提供した特性との比較
- 同じツールによるシミュレーションケース間の整合性の確認
- 他のシミュレーションツールの結果と相対比較

などの検証により当該ツールの信頼性を判定することをいう。

### ➤ (8) BESTEST

**IEA (International Energy Agency)** が開発した、商業ビルおよび住宅のエネルギーシミュレーションツールの評価や診断を行うためのテスト方法をいう。AS140では熱負荷計算およびHVACシステムのモデル特性をテストするためにBESTESTから5つの方法を採用している。

### 4.1. テスト方法の概要（1）

1. 建物エネルギーシミュレーションツールのテストは、熱負荷シミュレーションと空調システムシミュレーションに大別してテストする。

#### <解説>

- 熱負荷シミュレーションと空調システムシミュレーションは**連成して解くことが望まれる**。  
しかし、
  - シミュレーション対象が大規模になれば原因と結果の因果関係が複雑になり、**どの部分に問題があるかを特定すること難しくなる**。
  - ある建物の**空調システムの構成を変えたときのエネルギー消費量の差を比較検討**して最適なシステム選択をするために利用したい。
  - **既存ビルや竣工後の空調システムのエネルギー性能を分析**するために利用したい。  
などのため、連成シミュレーションを前提にすることは実務の要望に添わない。
- そこで、**熱負荷シミュレーションと空調システムシミュレーションに大別して、各要素やサブシステムならびに全体システムのテストを実施してツールを評価する**。

## 4.1. テスト方法の概要（2）

2. テスト対象モデルに対するシミュレーション結果の正解が、テスト対象が単純であって理論解として与えることができる場合や単体機器モデルのようにメーカー特性として与えることができる場合には、これらの正解と結果を比較して定量的に判定するテスト（analytical test）により評価を行う。

### <解説>

- 解（出力）の正解値は、モデルが単純で**理論解がある場合**、あるいは単体機器モデルのように**メーカー特性として与えることができる場合**に限って得られる。
- 正解と比較して定量的に評価する方法を“**解析テスト（analytical test）**”と呼ぶ。しかし、これはごく限られたモデルに対してのみ可能である。

### 何故なら

- 計算アルゴリズムにも、設備機器の物理モデルや制御アルゴリズムにも、いくつかの**近似や仮定が含まれており**、それらの近似度合いや仮定はツールによっても異なる。
- 実ビルの計測データがあっても、モデルと実建物、設備、利用状況は異なるので、**この計測値が正解と断定**することは難しい。

### 4.1. テスト方法の概要（3）

3. 上記以外の複雑なモデルでは正解を得ることが困難であるため、結果の評価は、複数ツールのテスト結果と相互比較して判定するテスト（comparative test）と、テスト条件に段階的な変化を与えて論理的に推察すれば結果がどのように変化するべきかを定性的に判定するテストという 2 つの方法により行う。これら、いずれのテストでも定量的な差について評価はしない。

#### <解説>

#### ➤ 比較テスト（comparative test）

- あるテストの結果を他の**複数ツールの結果と比較**する。
- テスト条件を段階的に変えて得た結果が、**論理的に整合しているか**を判定する。
- 多数派の結果のほうが不正解である可能性はあるが、複数のツールが**偶然同じ過ちを犯す危険性は少ない**と信じる。



## 4.1. テスト方法の概要（4）

### <解説>

- ASHRAE Standard 140の空調システムのテストは2次側の空調システムだけで、エネルギー消費の主要部分である**熱源システムは含まれていない**。
- また、我が国で一般的に採用されている設備システムと比較して**異なる部分**がある。
- そのため、本ガイドラインの改訂に当たり、**熱源システムと我が国に即した2次側空調システムに対応できるようなテストモデルを新たに追加**した。
- 空調システムのテストは、**機器・サブシステム・建物全体モデル**と3段階。
- 機器モデルのテストは、製造メーカーが種々の稼働条件に対して**部分負荷特性などを開示している機器についてはこれを正解とした解析的テスト**による。
- 現場施工で作成する**蓄熱槽やクールチューブ**のような公称性能がない機器やサブシステムについては比較テストによる。
- サブシステムのテストでは、**段階的な変化をテスト条件に与え、シミュレーション結果における変化（差分）が論理的に整合することを判定**して不具合を特定。

## 4.2. 熱負荷シミュレーションツールのテスト目的

- 単室テスト、複数室テスト、建物全体テストという**3段階のテストを実施**
- **単室テスト・複数室テスト**では計算アルゴリズムを検証しバグを発見することを目的
- **建物全体テスト**では**現実的な規模の建物モデルを対象**とし、実務（設計や研究）における使用条件と近い条件でシミュレーションを行い**熱負荷の差異を検証**
- 単室テストと複数室テストの大部分はASHRAE Standard 140（AS140）およびBESTESTからの引用
- **熱負荷シミュレーションの単室テスト**に限って、ASHRAE Standard 140で収集作成されたテスト結果を利用。このテストでは、BLAST, DOE2, TRNSYSなど、**8種類のツール**との比較ができる

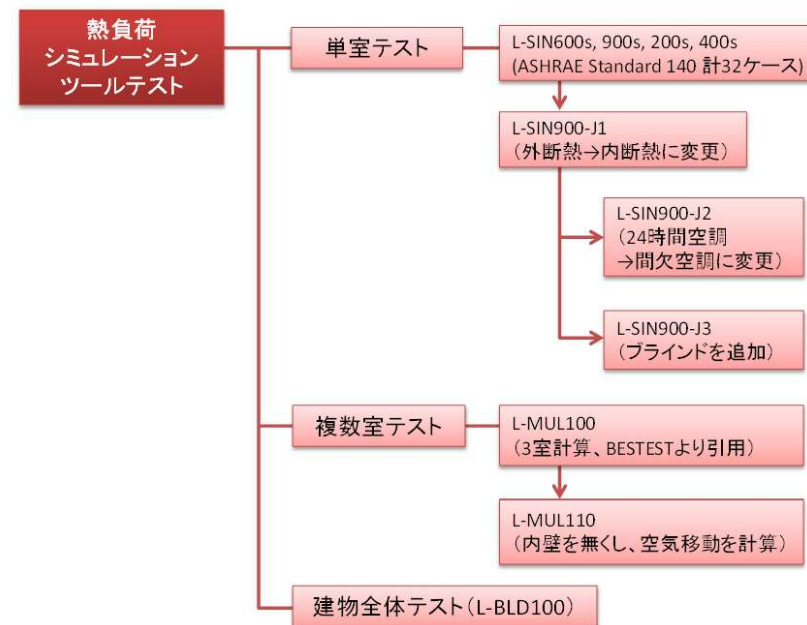


図 4.2.1 熱負荷シミュレーションツールテストの構成

## 4.3. 空調システムシミュレーションツールのテスト目的

- 単体機器テスト、サブシステムテスト、建物・空調システムテストという**3段階のテスト**を段階的に実施。設備システムの**制御挙動**が影響を与えることが特徴。
- 単体からサブシステム、全体システムというように段階を踏んでテストを行い、それらの絡み合う要因をできる限り分離しながらテスト
- **建物・空調システムテスト**で扱う全体システムとしては、定風量空調システム + 中央式熱源システムおよび変風量空調システム + 中央式熱源システムのテスト
- 建物・空調システムテストから**派生するテスト**として、変風量空調システムの年間シミュレーション結果を利用し、ダイナミックな**自動制御ロジックの検証・評価**を行う自動制御ロジックテスト

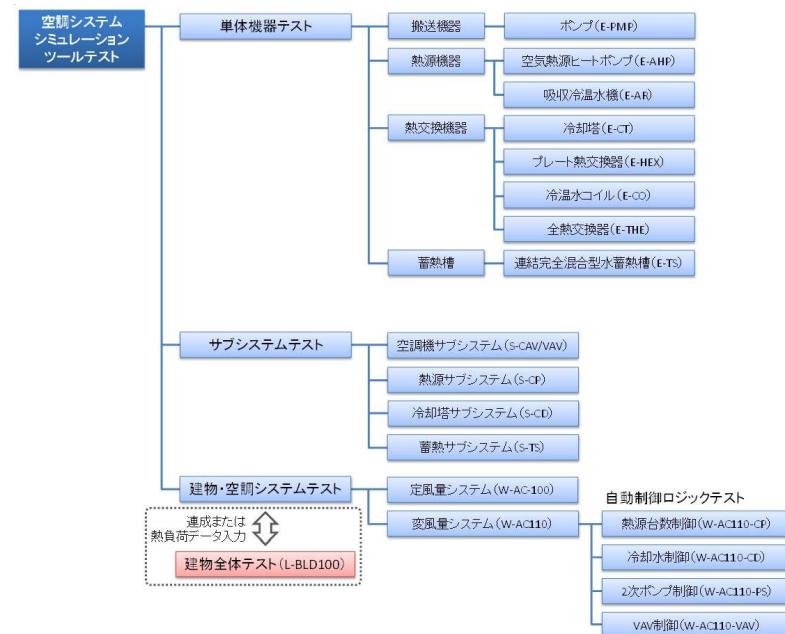


図 4.3.1 空調システムシミュレーションツールテストの構成

#### 4.4. テスト手順およびモデリングに際しての注意事項

- **方法**： Appendix Cとして提供している**計算結果入力ファイルに記入**してグラフを作成し評価を行う。
- ツールの仕様により**与条件通りの入力が行えない場合**： 最も与条件に近い入力・モデルを選択するか、あるいは与条件と等価で**代替的な入力・モデルを選択／作成**しても良い。ただし、その場合はどのような入力・モデリングを行ったのかを**テストレポートに明記**する。

参考： 例えば、世界のデファクトスタンダードになりつつあるEnergyPlusというシミュレーションツールは、熱源の水搬送ポンプに1次・2次ポンプという概念がないようで、我が国の熱源システムのモデル化が困難である。またVAVの制御方法も我が国とは異なる。著名ツールといえども万能ではない。



**END**