

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7報 空調シミュレーションの概要

正会員 二宮 博史\*1 正会員 村上 周三\*2 正会員 石野 久彌\*3  
 正会員 野原 文男\*1 正会員 長井 達夫\*4 正会員 菅長 正光\*5  
 正会員 菰田 英晴\*6 正会員 松村 一誠\*7

空調 システム シミュレーション  
BEST

1. はじめに

BESTの空調シミュレーションの概要について説明する。最初に、計算法の概要としてモジュールのメソッドの役割と計算手順について述べ、標準で用意している空調モジュールの例を説明する。また、システム構築をサポートするテンプレートと媒体クラスについて説明する。

2. 計算法の概要

先行する海外のシミュレーションツール (TRNSYS や EnergyPlus 等) と同じく、設備機器や部材のモデルは統一フォーマットに従ったモジュールによって表現し、モジュール相互の接続により全体システムを構築する方法を取っている。モジュールは Java 言語で記述されたクラスであり、その基本メソッドの一覧を表-1 に示す。

計算は基本的にモジュール単位で行われる。setProfile と Initialize メソッドは最初に 1 回だけ呼び出され各モジュールに対するユーザー入力情報などを取得し内部変数の初期化を行う。Outputs と Update はシミュレーションの本計算部分で、他のモジュールからの出力を入力として内部の状態変化および出力側を計算する。Outputs と Update は、各計算時刻ステップで 1 回呼び出される。

表 - 1 要素モジュールが実装するメソッド

メソッド	内容
setProfile	・ 機器の定格等、固定値をセットする
Initialize	・ 結果を保持する変数の作成等、必要な初期化を行う
Outputs	・ 各時刻ステップにおいて、入力と内部の状態から出力を計算する
Update	・ 各時刻ステップの最後に内部の状態を更新する

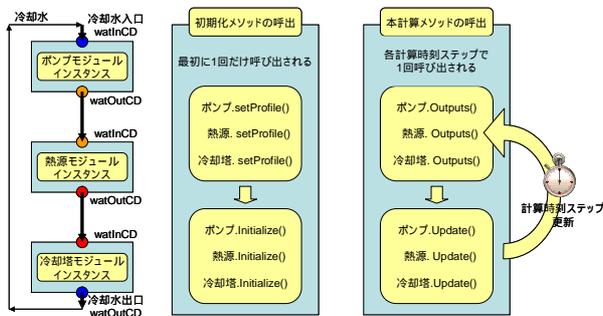


図 - 1 メソッドの呼出し (冷却水系の例)

図-1 は冷却水系のポンプ、熱源、冷却塔の 3 個のモジュール構成例でメソッドの呼出手順を示したものである。

3. 標準付属モジュール

標準で用意した空調モジュールの種類、具体例について説明する。空調モジュールの例を表-2 に示す。空調システムを構築する熱源、搬送および制御機器などの他、配管やダクトなど水や空気の分岐・集合、各種弁などの搬送系部品、部分システムを検討する場合に必要な境界条件を設定するための部品、計算中に状態変化を確認するためのグラフ表示部品などの各種モジュールを用意している。基本的にモジュールは機能や実際の機器構成を考慮してモジュール化している。例えば、空調機は一つのモジュールではなく、ファン、コイル、加湿器、OA チャンバーなどの数種のモジュールの組合せでいろいろなタイプの空調機が構築できるようにしている。また、モジュールのインターフェース仕様は公開し、ユーザーが独自に作成したものを組込んで計算することも可能としている。

表 - 2 空調モジュールの例

分類	モジュールの例
熱源機器	中央熱源 冷温水発生機 ボイラ HP チャー ターボ冷凍機 ブライン HP チャー 分散熱源 ビル用マルチ (室内機・室外機)
熱源補機	冷却塔 熱交換器 蓄熱槽
搬送機器	ポンプ ファン 空調機 (冷温水コイル 加湿器 全熱交換器 OA チャンバー ファン) *空調機はこれらのモジュールの組合せ
制御機器	PID 制御 2 位置制御 VAV 制御 センサー 熱源制御 (発停、モード切替など) 熱源台数制御 (ヘッダーバイパス) AHU 制御 (発停、モード切替、外気カット、 外気冷房など)
搬送系部品	配管およびダクト (分岐・集合ヘッダ) 2 方弁 3 方弁 止水弁 VAV ユニット 流量拡大 流量縮小 排水槽
条件指定部品	固定条件の水・空気 外気 雨水 外部データ読み込み部品 出力指定部品
確認表示部品	計算中のグラフ表示 (空気・水・電力などの状態値や積算値) 計算の一時停止再開部品

4. テンプレート（部分システムの構築）について

BEST では要素モジュールの登録と接続によりシステムを構築するが、空調システムの場合、その構成要素の数が膨大となるため、「AHU/FCU」および「熱源」について、部分テンプレートと呼ばれる「容れもの」を用意し、その内部の個々のモジュールを意識せずに全体システムを構築できるようになっている。

例として、「AHU/FCU テンプレート」を図-2 に、その実現例として VAV 方式の AHU の場合を図-3 に示す。図-3 で示すように、VAV 方式の AHU の部分システムを構築するために必要なモジュールとそれらの接続がテンプレートの内部で完了している。ユーザーはテンプレート内部のモジュールの仕様（送風量やコイル能力など）とテンプレート外部の接続を設定するだけでよい。「AHU/FCU テンプレート」はいずれも外部との間に図-2 に示す共通の節点を有し、「VAV-AHU」の他にも、「CAV-AHU」、「FCU」等の部分システムが予め用意されている。ユーザーは、これら同一のテンプレートに属する部分システムを外部の接続を保ったまま相互に入替えが可能である。「熱源テンプレート」についても同様である。

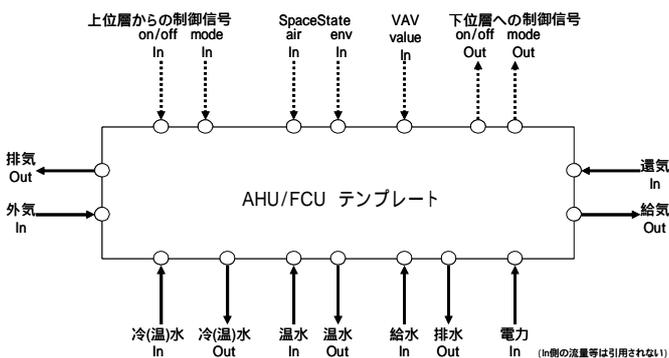


図-2 AHU/FCU テンプレート

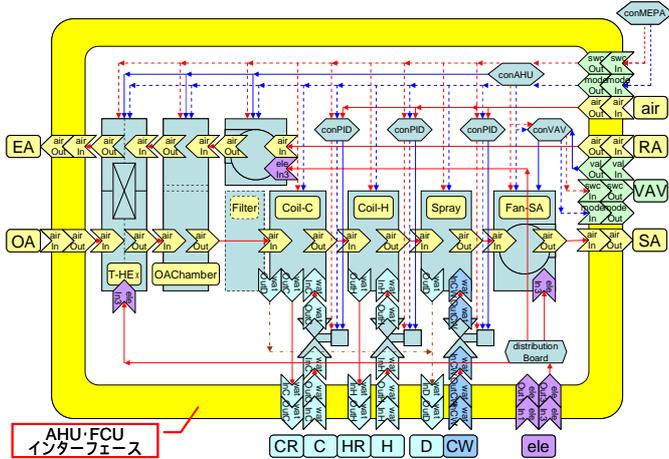


図-3 テンプレートの実現例（VAV-AHU）

5. 媒体クラスについて

モジュール間を接続する媒体としては、空気（給排気、外気）、水（冷温水、冷却水、給排水）、制御信号（on/off、冷暖モード、制御量、観測値）などがある。BEST では、これらの媒体のクラスを作成して、媒体の各種状態値をセットで取扱い確実に伝達ができる仕組みとした。例えば空気（BestAir）クラスでは、フィールド変数として乾球温度[ ], 絶対湿度[g/g]、質量流量[g/s]の3つの状態値を、規定した単位で管理して受渡しを行う。さらに、getTempWB(), getEnthalpy(), getHumiR(), getTempDP()などの空気線関関数を隠蔽したメソッドを用意し、湿球温度、比エンタルピー、相対湿度、露点温度を簡単に取得出来るようにした。表-2 に媒体クラスの例を示す。

表-2 媒体クラスの例

媒体クラス	フィールド変数	メソッドの例	接続ノード名
空気 BestAir	乾球温度[ ] 絶対湿度[g/g] 質量流量[g/s]	getTempWB() getEnthalpy() getHumiR() getTempDP()	airIn airOut
水 BestWater	温度[ ] 質量流量[g/s]	getTemp() getFlowRate()	watIn watOut
ブライン BestBrine	温度[ ] 質量流量[g/s] 濃度[-] 種類[-]	getTemp() getFlowRate() getConcentration() getType()	briIn briOut
電力 BestElectricity	有効電力[W] 無効電力[Var] 電圧[V] 相数[-] 周波数[Hz]	getActivePower() getReactivePower() getVoltage() getPhase() getFrequency()	eleIn eleOut
ガス BestGas	消費量[W]		gasIn gasOut

(制御信号) swcIn, swcOut, modeIn, modeOut, valIn, valOut  
\* 媒体のフィールド変数は機能追加に応じて変更がある。

6. まとめ

BEST の空調シミュレーションの概要として、モジュールとそのメソッドの役割と計算手順、空調の標準モジュール、テンプレートおよび媒体クラスについて説明した。【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 開発普及事業研究会(村上周三委員長)」ならびにアーキテクチャ検討部会(坂本雄三部会長)、建築・空調設備作業部会(石野久彌部会長)、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: 一ノ瀬雅之(東京理科大学)、内海康雄(宮城高専)、郡公子(宇都宮大学)、長井達夫(東京理科大学)、羽山広文(北海道大学)、上田博嗣(大林組)、木下泰斗(日本板硝子)、後藤裕(三機工業)、菰田英晴(鹿島建設)、芝原崇慶(竹中工務店)、平林啓介(新日本空調)、松村一誠(清水建設)、渡邊剛(NTT ファシリティーズ)、協力委員: 瀧澤博(元鹿島建設)、菅長正光(自営)、二宮博史、國吉敬司、篠原奈緒子(以上、日建設計)、オブザーバー: 野原文男(日建設計)、事務局: 生稻清久(建築環境・省エネルギー機構)【文献】1) 長井・村上・石野・野原・二宮・助飛羅・柳井: 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16)、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp.2029-2032, 2007.9

\*1 日建設計  
\*2 建築研究所  
\*3 首都大学東京  
\*4 東京理科大学  
\*5 自営  
\*6 鹿島建設  
\*7 清水建設株式会社

理事長 工博  
名誉教授 工博  
准教授 博士(工学)

\*1 Nikken Sekkei Ltd  
\*2 Chief Executive, Building Research Institute, Dr.Eng.  
\*3 Emeritus Prof., Tokyo Metropolitan Univ., Dr.Eng.  
\*4 Associate Prof., Tokyo Univ. of Science, Dr.Eng.  
\*6 KAJIMA CORPORATION  
\*7 SHIMIZU CORPORATION