

エネルギーシミュレーションのための機器特性データベース の構築に関する研究

第2報——中央および個別分散熱源機器のデータベースと感度解析

品川 浩一^{*1} 村上 周三^{*2}
石野 久彌^{*3} 柳井 崇^{*4}
川津 行弘^{*1} 森 太郎^{*5}

シミュレーションツールの陳腐化の要因に、新規開発機器に関する特性データの調査・更新が公開後に行われなくなってしまうというものがある。本データベースでは機器特性調査について、各種工業会の協力による機器分類毎による継続的な分科会体制を構築した。また、エクスプリシット法による建築全体の連成計算および短い計算時間間隔といった様々なシミュレーションへの対応を考慮し、機器特性は2つの機器特性モデル（統計・物理モデル）、3つのデータセット（定格性能特性・中間性能特性・動特性性能データ）を用いた構築法を提案している。提案したデータベースによる熱源特性モデルのエネルギー消費量に関して感度解析を行い、台数分割を行う中央熱源は動特性が、個別分散空調は低負荷域のモデル化の影響が大きいことを示した。

キーワード：シミュレーション・熱源機器・機器特性・データベース・BEST

はじめに

本研究は、エネルギーシミュレーションのための機器特性データベースに関し、そのニーズおよび機器のモデル化の考え方とこれらモデルで用いる機器特性データの分類、全体フレームを構築することを目的としている。既報¹⁾では、搬送機器を、搬送部分・電動機・インバータの各々のデータベースとして分離し整理することで、部位別の新規機種、高性能化、JISの改定、変流量・変流制御の高度化に対応しやすいデータベースの構築について提案した。

熱源の機器特性は、BECS²⁾ (HASP/ACSS³⁾・LCEM⁴⁾・TRNSYS⁵⁾・Energy Plus⁶⁾等、多くのエネルギーシミュレーションツールにおいて、メーカー提供による実験・実測結果等に基づく機器特性式を用いた統計モデルが利用されてき

た。また、富樫⁷⁾・葛⁸⁾・上野^{9)~11)}らは、冷凍サイクルの物理解式と冷媒特性を利用した物理モデルを提案している。

統計モデルは、①機種毎に機器特性式を整備することが必要、②インバータ制御機にある変曲点（最高効率）のため数式化が複雑、③メーカー作成の特性式提供が困難、かつ、その他類似機器への反映に信頼性が乏しい、などの課題がある。また、物理モデルは、①理想的な冷凍サイクル（静特性）を補正したモデル化のため、低負荷域や機器起動時などに誤差が大きい、②保護制御、安定運転のための機器停止や非効率運転のパラメータ調査がほぼ不可能、③冷凍サイクルの反復計算によって計算時間が長くなる、④空冷ヒートポンプにおけるデフロストのモデル化が困難などの課題がある。加えて、省エネのために熱源機器特性に求められるニーズは多様性を求められ、建築物の熱源は注 本提案特性の一部は BEST1705 (BEST : Building Energy Simulation Tool)¹²⁾に導入されている。

^{*1} (株)日本設計 環境・設備設計群 正会員

^{*2} 一般財団法人 建築環境・省エネルギー機構 特別会員

^{*3} 首都大学東京 名誉教授 SHASE 技術フェロー

^{*4} (株)日本設計 SHASE 技術フェロー

^{*5} 北海道大学大学院 正会員

日々発停を伴うといった課題がある。

これらの課題を解決するために本研究では、以下の特徴を持つ熱源機器特性データベース構築法について提案する。

- 1) 各種工業会の協力による機器分類毎による継続的な分科会体制の構築
- 2) 機器特性の特徴に合わせた統計モデル・物理モデルの適用
- 3) 定格性能特性・中間性能特性・動特性性能によるデータベース構築
- 4) 機器毎に運転可能範囲・機器特性範囲の定義
- 5) 安定運転ではない起動停止における動特性の整備

1. 熱源機器のデータベース

1.1 調査方針について

空調設備を対象に、本データベースにおける機器特性の整備・収集を行うにあたり、必要となるニーズの分析を行った。表-1に熱源機器特性調査のフレームを、図-1に機器特性のニーズを示す。

気象条件・空調負荷特性・高効率機器・制御の高度化・運用の多様化に対応することが重要であることに加え、室内温湿度条件の緩和、冷温水条件の多様化、放射冷暖房といった近年注目度が高い機器もデータベース整備のニーズが高いと判断できる。結果として、以下の4つの原則に従い、目的を明確化し機器特性データベースの整備を行った。

- 1) 汎用的に使われている機器・システム（出荷台数が多い機種はモデル化の優先順位を上げる）
- 2) 省エネルギー性能に優れた機器・システム（定格および中間性能特性データとも調査）
- 3) エネルギー消費に影響を及ぼす運用条件への配慮（制御の高度化・運用の多様化）
- 4) 室内環境に影響を及ぼす運用条件への配慮（クールビズ、潜熱顕熱分離空調等への対応）

機器特性に対する本調査は機器全体を5つの項目（熱源機器 / 熱源補機 / パッケージ空調機 / 搬送機器 / 空調機）に区分し、各々の機器・システムの特徴を考慮して、

表-1 熱源機器特性調査のフレーム

中央熱源機器	ターボ冷凍機	冷水/氷蓄熱用 冷水・温水(ダブルバンドル)	ベーン制御/インバータ制御 ベーン制御		
	空冷ヒートポンプ	冷温水用/氷蓄熱用	スクュー	スライド弁制御/インバータ制御	
			スクロール	圧縮台数制御/インバータ制御	
			ロータリー	インバータ制御	
		熱回収	スクュー	インバータ制御	
		ガスエンジン	スクロール		
	ロータリー				
	水冷チラー	冷水用/ 氷蓄熱用	スクュー スクロール	スライド弁制御/インバータ制御 圧縮台数制御	
	水熱源ヒートポンプ	冷水・冷温水	スクュー スクロール	インバータ制御 インバータ制御	
	吸収式冷凍機	直焚	三重効用		
二重効用			標準/高効率/高期間効率		
蒸気焚			二重効用	標準/高効率/高期間効率	
温水焚		一重効用			
排熱投入型		直焚(三重効用/二重効用) 蒸気焚			
吸収ヒートポンプ	直焚/蒸気焚				
蒸気-温水熱交					
ボイラ	小型貫流ボイラ				
	真空温水ヒータ				
	排熱回収型ボイラ				
個別分散空調機器	GHP	ビル用マルチ型	切替/同時	標準/発電(自己消費/系統連系) ^{※2}	
	EHP	ビル用マルチ型	切替/同時	標準/寒冷地/高顕熱型	
		店舗用	切替	標準/寒冷地	
		設備用	切替	標準	
		外気処理用	切替	給気/給排気/冷媒熱回収	
		氷蓄熱用	切替	標準	
		高顕熱型/散水制御/デマンドカット			
		水冷式ビルマルチ型	切替	標準	
		ウォールスルー	切替	定速/インバータ	
	水熱源 HP	切替	定速/インバータ		
ルームエアコン	普及機/高性能機				

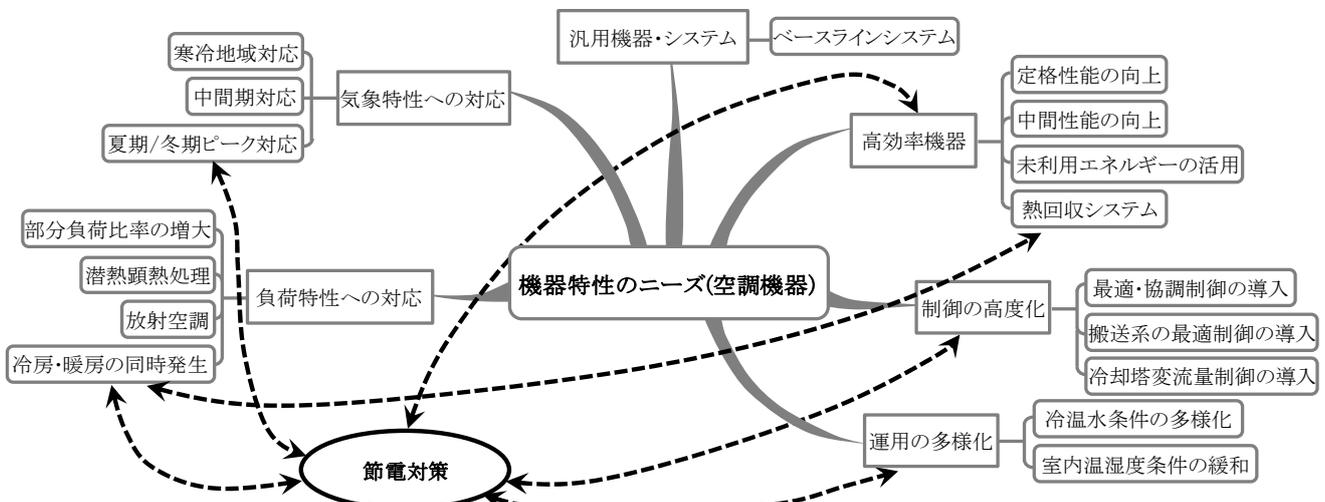


図-1 機器特性に求められるニーズの分析

モデル化および用いる機器特性の分類を設定した。各機器の調査にあたっては、機器分類毎の分科会体制による継続的な情報収集と多種多様なデータベースの実装に配慮し、各機器の製造者関連団体等と協力して実施した。

1.2 機器特性モデルの考え方

本データベースでは、2つの機器特性（統計モデル・物理モデル）の組み合わせによるモデル化を行っている。統計モデルでは近似特性式とマップデータを使用し、多様性、拡張性に配慮した機器特性データベースの仕組みを作成した。表-2に機器特性モデルの考え方を示す。統計モデルおよび物理モデルには共に適用範囲があるが、実際の機器はその範囲外でも稼動することがある。本データベースでは機器特性の適用範囲外の扱いについても各機器にてルールを定め、機器特性データベースに組み込んでいる。

1.3 データベースの概要

本熱源機器データベースでは、3つのデータセット（定格性能特性データ・中間性能特性データ・動特性性能データ）の組み合わせによる、機器特性データベースを構築している。表-3に機器特性の分類を、図-2に機器特性データの組み合わせのイメージを示す。

定格性能特性は、各々の機器毎に定格性能を入力し、中間特性性能は、グルーピングされたパターン別（例えば、標準効率パターンと高効率パターンなど）の特性データを選択、同様に、動特性性能もパターン化された特性を選択し、これら3つのデータを組み合わせ、機器特性データ全体を構成する。

1.4 実績データとの比較・検証への対応

本データベースでは、標準的な機器特性データベースだけでなく、様々な個別条件・特性に対応可能な機器特性データベースの構築を行っている。定格能力および入力に対して低減率を掛け合わせることで経年劣化による効率変化への対応や、パッケージ空調機の中間能力・入力による機器特性補正への対応、空冷機設置環境による吸込空気温度補正、ユーザー作成機器特性の対応、などを行っている。図-3にパッケージ空調機のJISで規定された中間能力・入力の反映方法を示す。

1.5 機器特性の計算フロー

熱源機器およびパッケージ空調機の計算フローの例として、水熱源ヒートポンプの冷却運転時の入出力モデルおよび計算フローを図-4に示す。機器種別によって詳細は異なるものの、その概略フローはほぼ同じとなっている。

- ① 定常運転、機器起動/停止シーケンスにより能力変化率 R_{on} , R_{off} を算出
- ② 冷温水温度などの運転条件と運転設定から設定値と運転状態から必要能力 $Q_{c,rq}$, および③ 最大能力 $Q_{c,max}$ を算出
- ④ 最大能力と必要能力から部分負荷率 PLR_c を算出
- ⑤ 必要能力と最大能力から冷水出口温度

$T_{w,out}$ を算出、⑥ 最大能力と冷水出口温度から最大能力時の入力値 $P_{e,c,max}$ の算出、⑦ 部分負荷率と最大入力からエネルギー消費 P_{ec} を算出する。ただし $PLR_c \geq 1$ の場合は $PLR_c=1$ とし $T_{w,out}$ が設定温度を満足しないものとする。

この計算フローは、部分負荷特性式の上下限、機器の運

表-2 機器特性モデルの考え方

形式	特徴	適用機器
統計モデル	機器への入力と出力の関係を各々の実測や計算による数値を用い、これらの関係を多項式等で近似し、定式化するモデル。与えられた条件の組み合わせや範囲内の仕様に限定。	熱源機器、パッケージ空調機、ファン・ポンプ（定格性能）
物理モデル	機器への入力と出力の関係を物理的な法則に従い定式化するモデル。理論式が適用可能な範囲内で、様々な変数の入力条件に対応。	ファン・ポンプ（中間性能）、冷却塔、冷温水コイル

表-3 機器特性データの分類

分類	特徴	概要
定格性能データ	JIS 条件下での特定条件下での機器性能を示すデータ。	メーカーカタログ、機器表に記載された機器仕様など
中間性能データ	定格時以外の様々な条件下での機器性能を示すデータ。	中間負荷や中間期での機器性能、過負荷時やレンジ外での機器性能を含む（機種毎の代表値）
動特性データ	比較的短時間に限定された機器の特性を示したデータ。	大型冷凍機の起動時および停止時の能力特性など（機種毎の代表値）

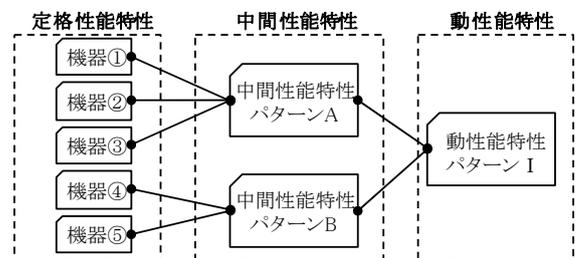


図-2 機器特性データの組み合わせのイメージ

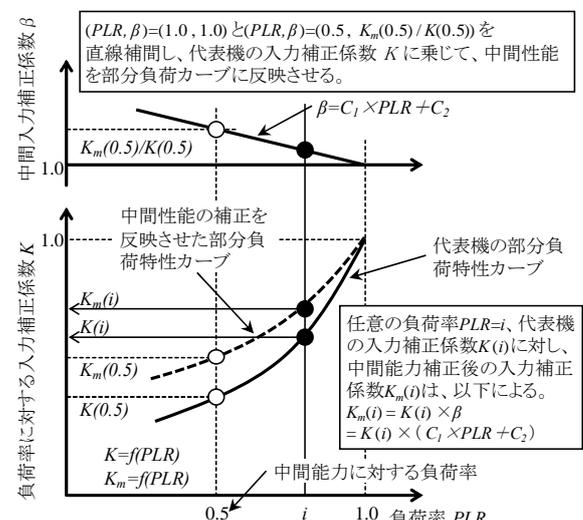
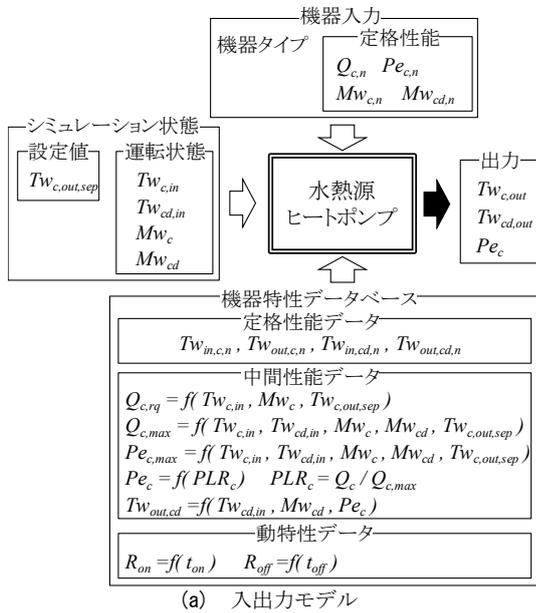
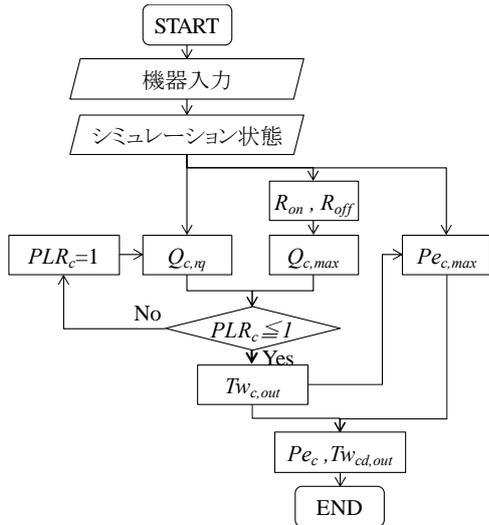


図-3 中間能力・入力の反映方法

転可能な範囲は機器毎に整備しているため、部分負荷率の扱ひ方、モデル化がエネルギー消費に影響を与える。



(a) 入出力モデル



(b) 計算フロー

注 機器特性式は、1変数： $f(x) = a \cdot x^3 + b \cdot x^2 + c \cdot x + d$ 、または2変数： $f(x, y) = a \cdot x^2 + b \cdot y^2 + c \cdot x + d \cdot y + e \cdot xy + f \cdot x^2y^2 + g \cdot x^2y + h \cdot xy^2 + i$ で表される。中間性能データは、これらを掛け合わせることで作成した。

図-4 機器特性の入出力モデルと計算フロー (水熱源ヒートポンプ冷却運転)

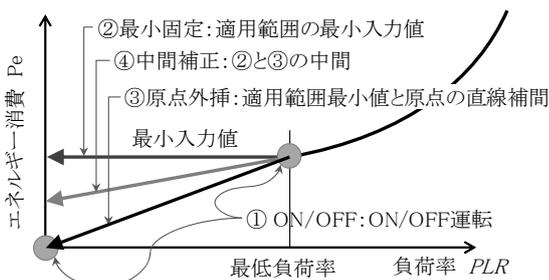


図-5 低負荷域のモデル化

1.6 低負荷域のモデル化

空調機器の実際の運転は、部分負荷運転が大半となり、熱源機器の運転可能範囲以下の負荷率、ON/OFF 運転領域近辺の運転時間が多くの時間を占めている。機器起動時および停止時のロスモデル化によってエネルギー消費量が大きく異なり、エクスプリシット法による計算時間間隔 5 分とした連成計算ではその影響が大きい。図-5 に本データベースにおける低負荷域のモデル化を示す。ON/OFF 運転領域では、実際の機器の動作は①となる。したがって、「ON/OFF 運転時の時間平均特性」とする場合は、③と考えられる。ただし、発停ロスが数値的にわかっている場合は②もしくは④のような特性になることもある。低負荷域動特性のモデル化によってエネルギー消費量が変わる。

1.7 能力特性式範囲と範囲外特性の関係

外気温等の運転条件の特性式適用範囲外は、基本的に境界上の特性となるように設定している。図-6 に能力特性式範囲と範囲外特性の関係を示す。機器停止もしくは境界上の特性とした理由は以下のとおりである。

(1) 機器停止

冷水温度が下限未満、および温水温度が上限以上の場合には、これ以上冷却（加熱）する必要がないものと判断、または冷房時は冷水凍結防止のため、暖房時は高圧カットが働いて機器が停止する。また、冷却時の冷却水温度および外気温の上限以上は高圧カット、加熱時の外気温の下限未満は凍結防止のため機器が停止する。

(2) 冷房時の凍結防止

一般的に冷却水温度が下限未満の条件が一定時間継続すると、凍結防止で機器が停止する。ただし、冬期の冷凍機立ち上げなどの場合は、初期温度は下限未満となっているが、冷凍機を起動すると冷却水温度が徐々に上昇して下限温度を上回るので、即停止とする必要はない。静特性を利用した 1 時間間隔で計算の場合は停止とする必要があるが、5 分間隔で計算の場合、起動時の状態で即停止とはせず、冷却水温度上昇を想定して、運転継続としている。

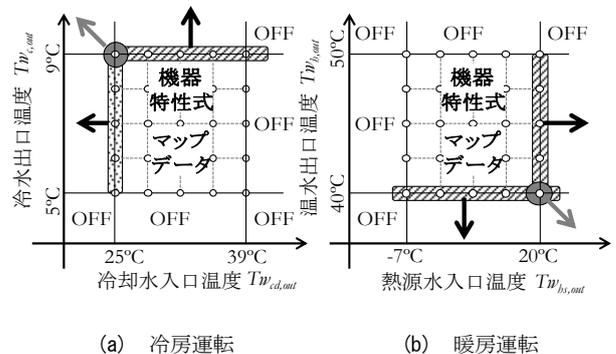


図-6 能力特性式範囲と範囲外特性の関係(水熱源ヒートポンプ冷却運転)

2. 中間性能特性について

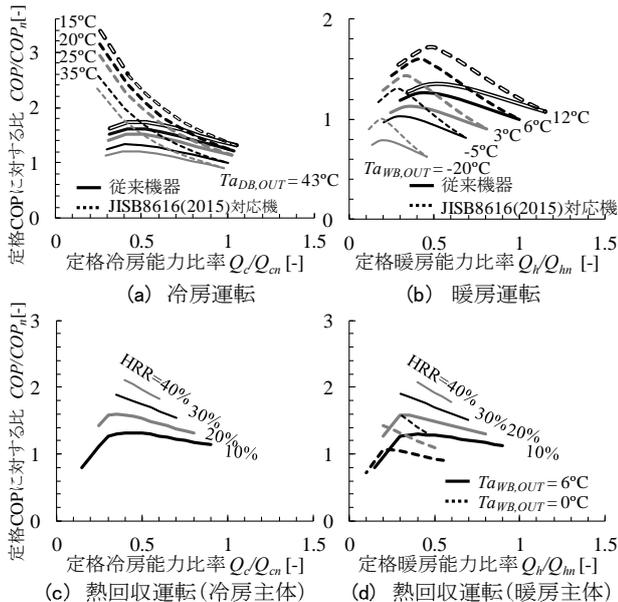
2.1 近似特性式

熱源機器とパッケージ空調機の大半の機器特性は、特性式を用いて機器特性データベースを構築した。パッケージ空調機は機種が多種多様にわたること、将来的には、各メーカー固有の部分負荷特性のデータへの対応等を想定して、機器特性を表す近似式の形式の共通化を図った。近似式は、不連続となる特性への対応や範囲外での対応も含め説明変

数の範囲を原則、5 区間に分割して、3 次式での近似とした。図-7 に冷暖同時型ビル用マルチ型空調機の各運転モードでの部分負荷運転時の効率変化を、定格の効率を基準とした比率で表したものを示す。冷房主体運転を除き、外気温による最大能力の変化や、機器効率の変化が再現されている。ただし、冷房主体運転では、外気温によらず、冷媒の高圧側を一定に制御するためコンプレッサの消費電力は変化しない。こうした熱回収制御や JIS 対象外である部分負荷特性は技術資料などでは公開されておらず、物理モデルでの再現は困難である。また、ビル用マルチエアコンの JISB8616 の改定に合わせて、特性式の更新を行った。

2.2 マップデータ

近年普及が進んでいる空冷ヒートポンプチラー（スクロール圧縮方式、インバータ+モジュール制御）は、他熱源で汎用的に利用していた定式化による機器特性整備ではなく、外気条件、出口温度設定、部分負荷に関するマップデータを用いて機器特性を整理した。図-8 にマップデータによる機器特性を示す。プロットはデータベースの特性値を示し、補間については全て直線補間とし、送水温度についても補間をおこなう。本調査の部分負荷特性は、冷温水温度によって同じ形となっていない。冷却運転時の出口温度 15°C の場合は、他のケースと異なり、最も COP が高い部分負荷効率が変化している。これは、適用区間を細かくした定式化では再現が困難である。つまり、機器特性データを定式化ではなくマップデータとして整備することで、機器固有の最適・保護制御などだけでなく、ユーザー独自の機器特性についても対応可能であり、特性整備の省力化につながる。



注 HRR = 冷房能力 / 暖房能力
熱回収運転は JISB8616(2015)対応による部分負荷特性が変化しないものとした。

図-7 冷暖同時ビル用マルチ型 EHP 空調機の機器特性

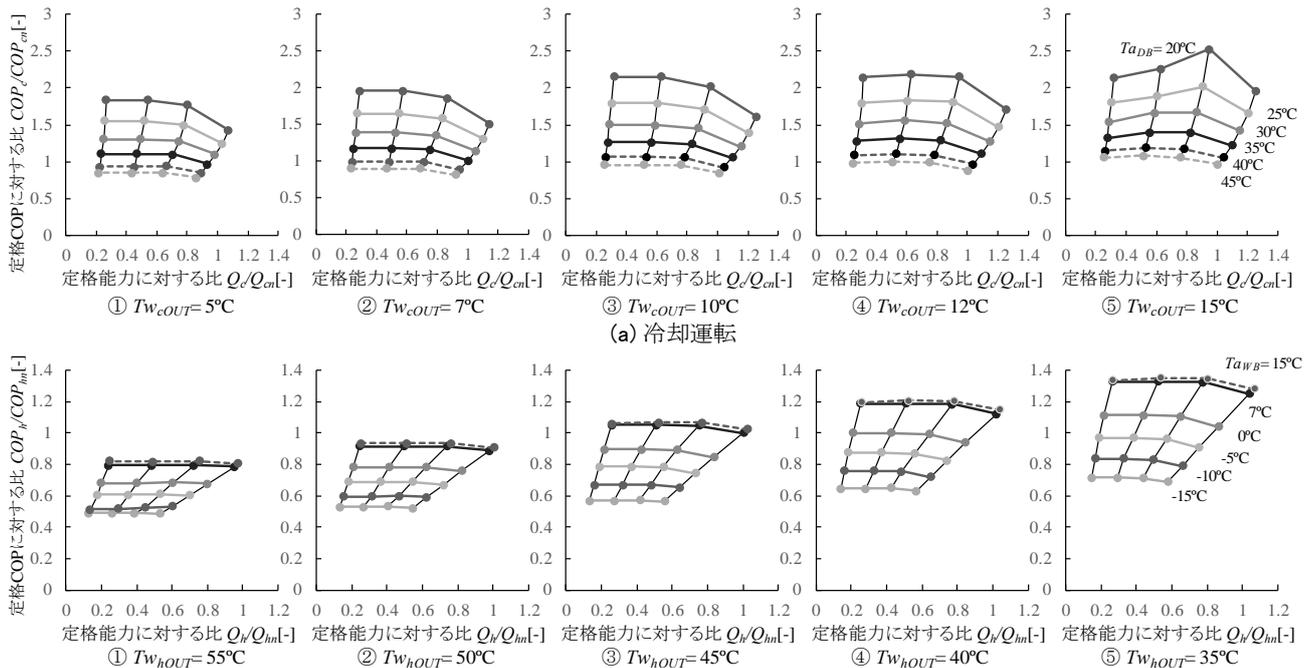


図-8 空冷ヒートポンプチラー(スクロール圧縮機・インバータ制御)のマップデータ

3. 動特性について

一般的に連続運転中は熱容量による動特性は影響がなく、影響の大きな動特性としては、容量制御以下の低負荷時における ON/OFF 運転、コールドスタート時の起動時、および停止時の遅れ特性である。この起動・停止・再起動の特性が機種タイプ毎に整理できれば共通の関数で表現することが可能となる。そこで、中央熱源を対象とした起動・停止・再起動の経過時間をパラメータとした動特性調査をおこなった。

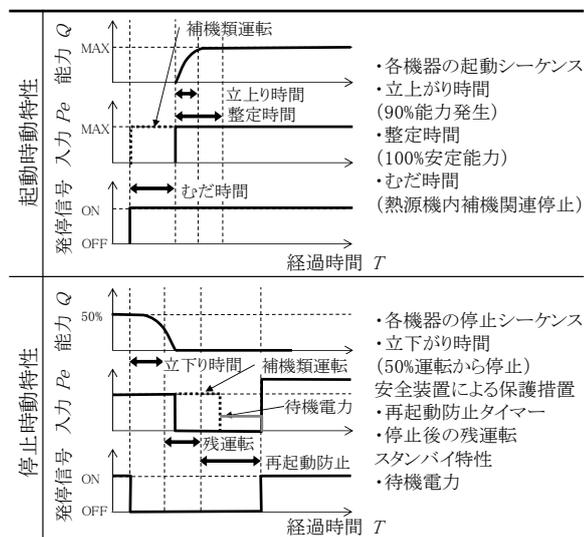
3.1 動特性調査概要

熱源機器および熱源補機に関する起動時・停止時における運転シーケンスを調査した。表-4 に運転シーケンスと動特性の時系列変動を示す。機器起動特性として、各機器の起動シーケンス、立ち上がり時間、整定時間、むだ時間を、安全装置による保護措置として、再起動防止タイマー、停止後の残運転などを調査した。また、クランクケースヒーター等の停止時における消費電力についても調査をおこなった。ただし、計装電源など冷温熱製造に直接利用されない電源は対象外としたが、電動系冷凍機における圧縮機、吸収式冷凍機における加熱源消費といった主たるエネルギー消費に加え、ターボ冷凍機における油ポンプ、吸収式冷凍機における燃焼用ファンといった熱源機内の補機電気消費についても調査した。それらの調査結果から、熱源起動および停止時の動特性、待機電力として整備すべき項目を検討した。

3.2 起動時および停止時シーケンス

表-5 にターボ冷凍機、チリングユニット・吸収式冷凍機における起動時および停止時シーケンスの調査結果を示す。チリングユニットは、空冷・水冷共にほぼ同じシーケンスであり、一次ポンプと同時に起動/停止する冷却水ポンプが

表-4 運転シーケンスと動特性



追加となっているだけである。なお、起動時シーケンスにかかる時間は、機器が周囲温度とほぼ同じであるコールドスタート、停止時シーケンスにかかる時間は50%の部分負荷運転時からの停止のための時間とした。

待機電力に関する調査結果では、電動系熱源における冷却能力に比例したクランクケースヒーターの影響が大きく、待機電力原単位について整理した。

3.3 起動時・停止時の能力変化の定式化

本研究の主たる目的は、建物全体のエネルギー消費量を算出することであり、機器の各構成要素の運転シーケンス・制御を考慮した物理モデルによって詳細に再現することではない。つまり、簡易な動特性を考慮した計算方法を導入することで、その影響が検討できることが重要である。そこで、各熱源機器の圧縮機起動または入熱開始後の能力変化に関する動特性を、時定数を用いてモデル化するものとした。また、停止時の能力変化も同様に時定数を用いた。

4. 熱源機器のモデル化に関する感度解析

提案した熱源機器特性について、事務所ビルの冷房負荷を対象に低負荷域および動特性のモデル化に関する感度解析を行った。計算条件を表-6 に、計算結果を図-9 に示す。なお、熱源処理量およびエネルギー消費量は、建築計算により算出した空調全熱負荷を本提案計算フロー(図-5)により別計算にて算出した。ここで、動特性の立上がり/立下がり整定時間調査結果において、整定時間が最長の機器にお

表-5 起動時・停止時の運転シーケンス

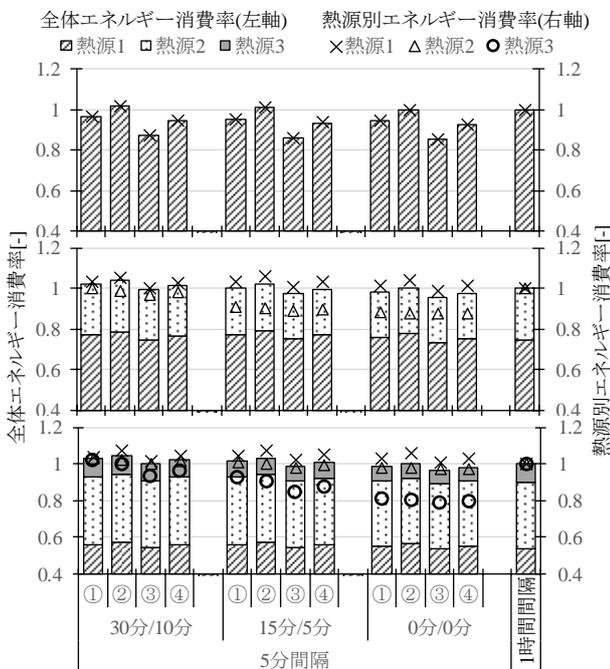
	チリングユニット	ターボ冷凍機	吸収式冷凍機
起動時シーケンス	運転指令	運転指令	運転指令
	一次P起動	一次P起動	一次P起動
	冷却水P起動	冷却水P起動	冷却水P起動
	圧縮機起動	油P起動	吸収/冷媒P起動
	100%能力	圧縮機起動	バーナー起動
停止時シーケンス	停止指令	停止指令	停止指令
	圧縮機停止	圧縮機停止	バーナー停止
	冷却水P停止	冷却水P停止	吸収/冷媒P停止
	一次P停止	一次P停止	CDP停止
	冷凍機停止	油P停止	一次P停止
	冷凍機停止	冷凍機停止	冷凍機停止
	※待機電力 ※再起動防止	※待機電力 ※再起動防止	※待機電力は無し ※再起動防止は不要
	運転指令待機	運転指令待機	

ける起動/停止の比率が約 3:1 であったため、試算条件として採用した。なお、他のプログラムで採用の多い静特性かつ適用範囲最小値固定(図-5 ②)を感度解析の基準とした。

全体のエネルギー消費量は、フロアや同一空調系統内で台数分割が行われない個別分散(台数分割=1)は、低負荷域のモデルの影響が大きく、動特性の影響はほとんどない。また、台数分割が行われる中央熱源(台数分割=2,3)は、低負荷域のモデルと動特性の影響を受けている。ただし、熱源別のエネルギー消費比率は、ベース熱源(熱源 1)だけが増加し、どの計算結果も熱源 1>熱源 2>熱源 3 の順となった。ここで、運転時間は、1 台しかない個別分散は同じだが、

表-6 モデル化に関する感度解析の計算条件

建築仕様	計算方法: BEST 専門版(ver1705), 東京気象: 拡張アメダス気象データ 2010 標準年, ガラス: Low-E 複層/ブラインド/窓面積率=60%, 内部発熱: 照明 20W/m ² , 在室者 0.15 人/m ² , 機器 15W/m ²	
計算条件	計算時間間隔: 1 時間(静特性)/5 分(動特性), 台数分割(等分割): 1/2/3, 最低負荷率=30%, 部分負荷特性: $P_e=PLR$, 低負荷域特性: 図-6 の 4 ケース (①ON/OFF, ②最小固定, ③原点外挿, ④中間補正, ただし 1 時間間隔は②最小固定), 動特性: 30/10, 15/5, 0/0, 分(整定時間: 立上がり/立下がり)	



注 ・ 上段: 1 台/中段: 2 台分割/下段: 3 台分割
 ・ 時間は立上/立下の整定時間設定
 ・ 全体および熱源別エネルギー消費率は、1 時間間隔(静特性)計算結果に対する比率
 ・ ①~④は低負荷域のモデル化(ON/OFF, 最小固定, 原点外挿, 中間補正)を表す

図-9 モデル化に関する感度解析の比較

中央熱源は整定時間が長くなるに従い、熱源 2 および熱源 3 の運転時間が短縮されていたため、今回集計していない熱源補機のエネルギー消費にも影響がある。よって、従来機器特性として整備されていなかった低負荷域のモデル化および動特性は、短い計算間隔でのエクスプリシット法によるシミュレーションでは重要であるといえる。

まとめ

本研究では、中央および個別分散熱源機器について、統計モデルと物理モデルを利用し、定格性能・中間性能・動特性データセットを組み合わせた柔軟性・拡張性の高いデータベースを開発した。

- 1) 汎用機器, 省エネルギー機器, 運用条件, 室内環境をパラメータとして計算可能な機器特性調査し, 各機器の製造者関連団体等と協力した体制を構築した。
- 2) 機器特性の計算フローが, ほぼ同一なものを利用した汎用性高い機器特性データベースを作成し, 機器出入口条件の適用範囲と範囲外について整備した。
- 3) 能力・入力低減による経年劣化補正法, パッケージ空調機における中間応力補正法, 低負荷域のモデル化, および起動/停止における動特性に関する機器特性データベースを整備した。
- 4) 熱源モデルのエネルギー消費量に関する感度解析を行い, 台数分割をおこなう中央熱源は動特性が, 個別分散は低負荷域のモデル化の影響が大きくなり, その結果から本データベース構築法の有効性を示した。

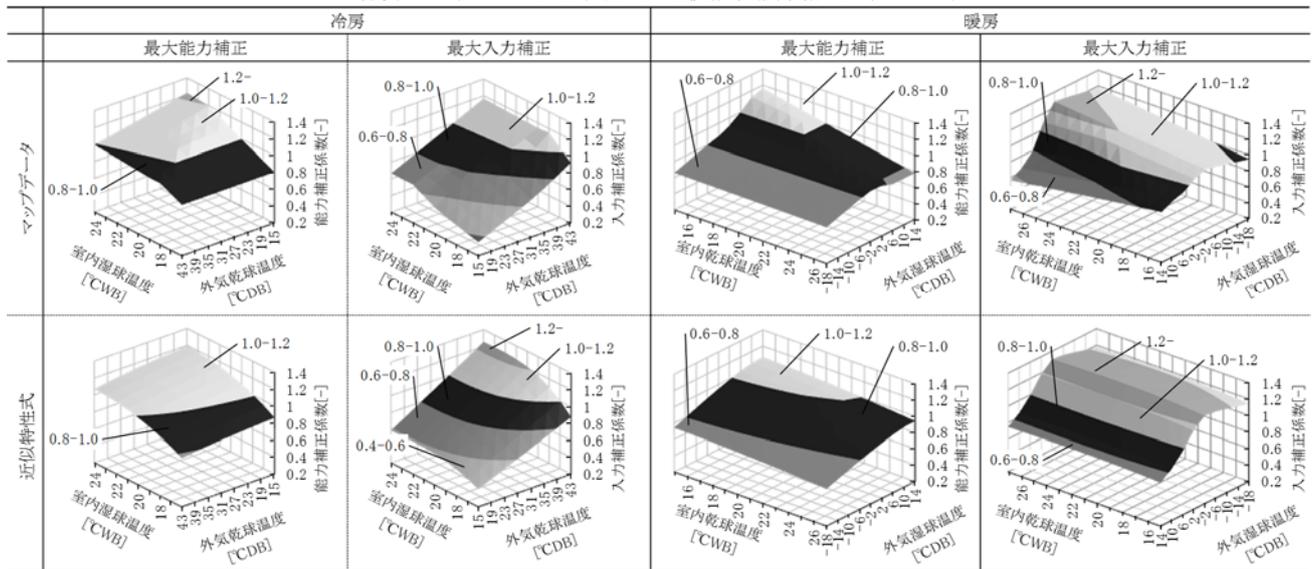
謝辞

本研究は, (一財)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), 専門版開発委員会(石野久彌委員長), および機器特性 SWG(品川浩一主査)の活動成果の一部である。また, 各種機器特性データの調査にあたっては, 日本冷凍空調工業会の各製品委員会および製造メーカーの協力を得て実施した。関係各位に謝意を表すものである。

記号

PLR	: 部分負荷率	[—]
K	: 補正係数	[—]
β	: 中間入力補正係数	[—]
C	: 近似係数	[—]
Ta	: 空気温度	[°C]
Tw	: 液体温度	[°C]
Q	: 能力	[W]

付表-2 マップデータと特性式の比較結果(高頭熱型パッケージ)



付録 B 動特性の定式化

各熱源機器の圧縮機起動または入熱開始後の能力変化、および停止時の能力変化を、時定数による計算方法を採用している。付表-3に能力変化をモデル化した動特性を示す。熱源種別によってその値は異なるが、起動時シーケンスは、むだ時間 1~4 分・静定時間は 5~25 分($T_{ON}=65\sim325$)、停止時シーケンスは、静定時間 0~30 分($T_{OFF}=0.1\sim390$)・再起動防止時間は 1~8 分であった。

付表-3 起動時および停止時の能力変化の動特性

1) 起動シーケンスの動特性
$R_{ON} = 1 - \exp(-t_{ON}/T_{ON})$
ここで、 R_{ON} : 起動時の能力比率、 t_{ON} : 圧縮機起動・入熱開始後の経過時間、 T_{ON} : 起動シーケンスのための時定数
2) 停止シーケンスの動特性
$R_{OFF} = PLF_{OFF} \times \exp(-t_{OFF}/T_{OFF})$
ここで、 R_{OFF} : 停止シーケンスにおける能力比率、 PLF_{OFF} : 停止シーケンス開始時の機器負荷率、 t_{OFF} : 圧縮機停止、入熱停止後の経過時間、 T_{OFF} : 停止シーケンスのための時定数

Study on Database Construction of Equipment Characteristics of Air Conditioning for Energy Simulation

Part 2—Database for Central and Decentralized Cooling and Heating Equipment

by Kohichi SHINAGAWA *1, Shuzo MURAKAMI *2, Hisaya ISHINO *3, Takashi YANAI *4, Yukihiro KAWAZU *1 and Taro MORI *5

Key Words : Simulation, Cooling and Heating Equipment, Equipment Characteristics, Database, The BEST Program

Synopsis : This paper presents a flexible and expandable database of the equipment characteristics of air conditioning in which interactions among building equipments are well considered. These characteristic databases are always maintained in a neutral and fair manner by the five subcommittees, which are not influenced by any specific manufacturer. In this paper, the importance of modifiability of equipment databases, the expandability of equipment databases, and the details of developing equipment characteristic databases are discussed.

This database has three data sets (nominal performance characteristics, part load performance characteristics, and dynamic performance characteristics) which are solved by applying two modeling methods (empirical model and/or physics-based model) to represent equipment characteristics to provide shorter calculation cycles in the coupled calculation within the entire building calculation. Energy consumption by this database is validated via sensitivity analysis. The central heat source that performs unit number division is significantly influenced by dynamic performance characteristics, while the decentralized cooling and heating equipment is significantly influenced by methods for representing equipment characteristics under the minimum part load ratio.

(Received October 6, 2017)

*1 Nihon Sekkei, Inc., Member

*2 Institute for Building Environment and Energy Conservation, Fellow Member

*3 Tokyo Metropolitan University, Fellow Engineer

*4 Nihon Sekkei, Inc., Fellow Engineer

*5 Hokkaido University, Member