

## 5 潜熱負荷を適切に考慮した熱負荷計算法の開発と基準原案の作成

ここまで示した建物特性・居住者の行動、空調設備の挙動を反映して建物の顕熱・潜熱負荷およびエネルギー消費量を評価するプログラムの作成と計算を行った。

### 5.1 プログラムの概要

プログラム言語はC#（開発環境はMicrosoft Visual Studio Community 2015）とした。

プログラム開発にあたっての基本的な考え方としては、本事業で調査検討したモデルを実装することは当然として、今後このプログラムが省エネ基準の検討において何らかの形で継続的に使用される可能性を考えた場合、計算各要素のモデル化の変更（精緻化あるいは簡略化）、新たに要請される計算要素の追加等に柔軟に対応できる形としておくことが有用である。

したがって、本プログラムでは計算要素の一つ一つをクラス化するとともに、C#におけるインターフェース（関数等の入出力の大枠を定めたもの。関数の実体はユーザーが自由に作成することができる）機能を用いて各クラス・各メソッド等の入出力関係を整理したうえで実装することとした。

熱・水分移動現象の基本的なモデル化は、

- ・ 時間進行は前進差分法による
- ・ 壁体等の温度計算は有限体積法による

とした。

プログラム内では、壁体・窓等の躯体や開口部、室（空間）、人体、空調設備（エアコン）等のように、時々刻々の未知の状態量を持つ要素を「ブロック」と称し、クラス名も\*\*\*Blockのように命名している。同様に、「対流熱伝達」「換気熱・水分移動」などの熱・水分移動そのものもブロックとして扱っている。

逆にブロックではないと解釈しているものは、気象データ、スケジュール、内部発熱要素などである。

各ブロックは、建物において熱・水分的に影響を受ける他のブロックの状態量等を取得し、ブロック内の状態量を更新する。この処理を全ブロックについて行うことで計算上の時間が単位時間だけ進行することになる。

各ブロックは、原則として少なくとも以下のメソッド（処理）を行う。

- ・初期化（メソッド名 **Init**）
- ・時間進行ごとの初期化（メソッド名 **IterationInit**）
- ・時間進行（メソッド名 **Run**）
- ・時間進行ごとの後処理（メソッド名 **Commit**）

主なブロックにおける上記の各メソッドの処理を簡単に示すと下図のようになる。

**IterationInit** メソッドを各ブロックについて行い（下図、横方向にブロックを巡回）、次に図の下方向に進んで **Run** メソッドを各ブロックについて行い、最後に **Commit** メソッドを各ブロックに行うことで時間が一つ進行する。

	熱伝達 ブロック	壁体ブロック	窓ブロック	エアコン ブロック	人 ブロック	室 ブロック
<b>IterationInit メソッド</b>	無し	無し	透過日射量を 求める	処理熱量・消 費電力量を 求める	エアコン ON/OFF、窓 開け判定を行 う	内部発熱量の 集計、エアコン ON/OFF判定 を行う
<b>Run メソッド</b>	各種熱伝達量 を求める	温湿度を求め る	温度を求める	無し	無し	温湿度を求め る
<b>Commit メソッド</b>	無し	温湿度を更新 する	温度を更新す る	無し	無し	温湿度を更新 する

図 288 主なブロックにおける処理と時間進行

なお、壁体等の計算に時間前進差分を用いているため、壁体等ごとに反復計算が発散しないための最大時間刻みが存在する。中空層等を有する壁体や、もともとの熱容量が小さいガラス等はこの最大時間刻みが数秒程度となる。

全体の時間進行をこの数秒という刻みに合わせると、各クラスの呼び出し等に要する実行時間が膨大になり実用的でないため、全体の同期をとる時間刻みを1分とし、ブロックによって最大時間刻みが1分未満になる場合は各ブロックの **Run** メソッド内でも反復計算を行うようにした。

したがって、時間が1分進行するまでの間、各壁体の表面および内部温度が更新されても、外部（外気温・室温、他の壁体等の表面温度等）は更新されずに計算を行うことになる。室などに関しても同様で、例えばエアコンの **ON/OFF** 判定はこの1分の間は最初に決まった状態が（仮に室温が下がってエアコンが不要な温度になったとしても）維持されることになる。

## 5.2 各クラスの概要

プログラムのソースコードは付録に記載している。ここでは各クラスの主なメソッドとその処理内容の概要を示す。

### 5.2.1 Program クラス

#### (1) Main メソッド

プログラム実行時に最初に呼び出される。

計算期間・計算時間間隔等の設定、入力データの読み込みと各ブロックの生成、出力内容の設定などを行っている。

なお、入力データは Excel ファイルに記載する方式を取っている。

No.	一方の居室名 (居室A)	もう一方の居室名 (居室B) 空白の場合は外部環境	外部環境の場合の方位角	外部環境の場合の傾斜角	面積[m2]	床フラグ Aにとって床であれば1	壁仕様名	壁仕様向き	A側αc [W/m2K]	A側αr [W/m2K]	A側日射吸収率	A側長波放射率	B側αc [W/m2K]	B側αr [W/m2K]	B側日射吸収率	B側長波放射率
1																
2	1 WA	FLS	0	180	16.562	1	0FLOOR	1	2	4.7	0.8	0.9	2	4.7	0.8	0.9
3	2 WA		90	90	8.736	0	0WALL	2	4.4	4.7	0.8	0.9	20.3	4.7	0.8	0.9
4	3 WA		180	90	6.33	0	0WALL	2	4.4	4.7	0.8	0.9	20.3	4.7	0.8	0.9
5	4 WA		180	90	2.184	0	0WALL	2	4.4	4.7	0.8	0.9	20.3	4.7	0.8	0.9
6	5 LD	FLS	0	180	21.5306	1	0FLOOR	1	2	4.7	0.8	0.9	2	4.7	0.8	0.9
7	6 LD	WA	0	0	5.676	0	0WALL	1	4.4	4.7	0.8	0.9	4.4	4.7	0.8	0.9
8	7 LD		270	90	6.591	0	0WALL	2	4.4	4.7	0.8	0.9	20.3	4.7	0.8	0.9
9	8 LD		180	90	7.266	0	0WALL	2	4.4	4.7	0.8	0.9	20.3	4.7	0.8	0.9
10	9 K	LD	0	0	5.46	0	0WALL	1	4.4	4.7	0.8	0.9	4.4	4.7	0.8	0.9
11	10 K		270	90	7.483	0	0WALL	2	4.4	4.7	0.8	0.9	20.3	4.7	0.8	0.9
12	11 K		180	90	3.49675	0	0WALL	2	4.4	4.7	0.8	0.9	20.3	4.7	0.8	0.9
13	12 BATH		90	90	3.555	0	0WALL	2	4.4	4.7	0.8	0.9	20.3	4.7	0.8	0.9
14	13 BATH		180	90	4.095	0	0WALL	2	4.4	4.7	0.8	0.9	20.3	4.7	0.8	0.9
15	14 HALL		90	90	2.842	0	0WALL	2	4.4	4.7	0.8	0.9	20.3	4.7	0.8	0.9
16	15 HALL		180	90	3.549	0	0WALL	2	4.4	4.7	0.8	0.9	20.3	4.7	0.8	0.9

図 289 入力ファイル

### 5.2.2 Simulator クラス

計算時間間隔、暖房期・冷房期・中間期などの定義を保持している。

#### (1) Run メソッド

各ブロックの IterationInit メソッド、Run メソッド、Commit メソッドを順に呼び出している。

### 5.2.3 SimulatorContext クラス

計算中の日付・時刻、曜日、暖房期・冷房期・中間期の区分等を管理している。

#### 5.2.4 IBlock インターフェイス

ブロックが持つべきプロパティ、メソッドを定義している。

#### 5.2.5 IConnector インターフェイス

ブロック間の情報伝達に関するブロックが持つべきプロパティ、メソッドを定義している。

#### 5.2.6 BaseBlock クラス

各ブロックに共通する要素を抽出した基底クラスである。

##### (1) CalcDt メソッド

各ブロックの熱水分移動計算で発散しないための最大時間刻みを求めている。

#### 5.2.7 ISpaceBlock インターフェイス

スペース (室および外部環境) に関するブロックが持つべきプロパティ、メソッドを定義している。

#### 5.2.8 ILayerBlock インターフェイス

表面における熱伝達等に関するブロックが持つべきプロパティ、メソッドを定義している。

#### 5.2.9 RoomBlock クラス

室のブロックであり、温湿度等の物理量のほか、建物情報 (室が面する壁体・開口部等のインスタンス)、エアコン、人などの参照情報を保持する。

##### (1) Init メソッド

各変数の初期化、表面積等の集計等を行う。

##### (2) IterationInit メソッド

内部発熱要素の発熱量の集計、在室者または自身の温度によるエアコン ON/OFF 判定等を行う。

##### (3) Run メソッド

接続する壁体・開口部等からの熱水分伝達量、内部発熱量、エアコンによる処理熱量等を集計し、自身の時間進行後の温湿度を求める。

##### (4) Commit メソッド

(3) で求めた温湿度を確定させ、MRT (平均放射温度) を求める。

#### 5.2.10 WallBlock クラス

壁体のブロックであり、分割した節点ごとの温湿度等の物理量のほか、表面の接続先スペース、壁体仕様などの参照情報を保持する。

##### (1) WallBlock メソッド (コンストラクタ)

節点を生成し、節点ごとの熱湿気容量、節点間の熱水分抵抗等を算出する。

##### (2) Run メソッド

壁体内の熱水分移動を解き時間進行後の温湿度を求める。

##### (3) Commit メソッド

(2) で求めた温湿度を確定させる。

#### 5.2.11 WindowBlock クラス

窓のブロックであり、両側表面節点の温度等の物理量のほか、表面の接続先スペース、窓 (ガラス) 仕様などの参照情報を保持する。

##### (1) WindowBlock メソッド (コンストラクタ)

節点を生成し、節点ごとの熱湿気容量、節点間の熱抵抗等を算出する。

##### (2) IterationInit メソッド

ガラスを透過して室に到達する日射量等を計算する。

##### (3) Run メソッド

壁体内の熱水分移動を解き時間進行後の温湿度を求める。

##### (4) Commit メソッド

(3) で求めた温湿度を確定させる。

##### (5) AngleFactor メソッド

日射入射角を引数として入射角特性を返す

#### 5.2.12 DoorBlock クラス

ドアのブロックであり、両側表面節点の温度等の物理量のほか、表面の接続先スペースなどの参照情報を保持する。

##### (1) DoorBlock メソッド (コンストラクタ)

節点を生成し、節点ごとの熱湿気容量、節点間の熱抵抗等を算出する。

### (2) Run メソッド

壁体内の熱水分移動を解き時間進行後の温湿度を求める。

### (3) Commit メソッド

(2) で求めた温湿度を確定させる。

## 5.2.13 WallFaceConnector クラス

スペース（室または外気）と壁体・窓・ドア等との接続関係を保持する。後述する対流熱伝達または総合熱伝達率ブロックと1対1に対応する。

## 5.2.14 OutSideBlock クラス

外界条件を保持する。

### (1) Init メソッド

気象データを読み込む。

### (2) IterationInit メソッド

当該時刻の気象要素値（補間値）を取得する。

### (3) GetSAT メソッド

表面特性を受け取り SAT 温度を返す。

## 5.2.15 FixedConditionRoomBlock クラス

温湿度をユーザーが指定する室（床下等を想定）の設定を保持する。

## 5.2.16 PersonBlock クラス

人間を表す。一人につき PersonBlock が一つではなく、ある室に在室する複数人をまとめて一つのインスタンスとして生成する。

### (1) ACONOFF メソッド

室温・外気温、自身の過去の在室状況等からエアコンの ON/OFF 判定を行う。

## 5.2.17 AirConditionerBlock クラス

エアコンを表す。

### (1) Run メソッド

ON の場合に、処理熱量（顕熱・潜熱）および消費電力量を求める。

#### 5.2.18 ConvectionHeatTransferBlock クラス

対流熱伝達量を求める。

#### 5.2.19 RadiationHeatTransferBlock クラス

放射熱伝達量を求める。

#### 5.2.20 TotalHeatTransferBlock クラス

外気側の総合熱伝達量を求める。

#### 5.2.21 VentilationHeatTransferBlock クラス

換気による熱・水分移動量を求める。

#### 5.2.22 ConvectionMoistureTransferBlock クラス

表面における水分移動量を求める。

#### 5.2.23 Material クラス

壁体等の材料熱特性を保持する。

#### 5.2.24 HeatGenerator クラス

室内内部発熱要素の情報を保持する。

#### 5.2.25 SMASHWeatherLoader クラス

SMASH形式の気象データを読み込むほか、補間値の計算等を行う。

#### 5.2.26 Util クラス

湿り水蒸気に関する各種関数を保持する。

### 5.3 計算結果

作成したプログラムを用いて、住宅の省エネ基準用モデル建物の 4～8 地域における冷房一次エネルギー消費量を求めた結果を示す。

建物側の条件は、

- ・ H11 断熱仕様
- ・ 居室間欠冷房
- ・ 居室窓はレースカーテン

とし、現行の冷房基準値が求められている条件と同じ条件とする。

結果を表 141 に示す。

表 141 冷房一次エネルギー（基準値）計算結果

	4地域	5地域	6地域	7地域	8地域
冷房一次エネルギー基準値 (現行判定プログラムによる)	1,467	1,578	4,331	4,778	8,173
室温のみによるON/OFF判定結果	1,996	1,839	4,321	4,661	6,505
人体によるON/OFF判定結果	2,356	1,954	5,587	6,203	9,128

単位[MJ/年]

ここで、「室温のみによる ON/OFF 判定結果」は、現行省エネルギー基準の設定温度（27℃、夜間は 28℃）を室温が上回る場合に冷房を運転したものの、「人体による ON/OFF 判定結果」は第 4 章に示したロジックを反映したものである。

なお、今回開発したプログラムは、住宅の省エネルギー基準の計算に使用されたプログラム（AE-Sim/Heat）の結果にできるだけ近い値が得られるよう配慮したが、いくつかの点では完全に同じ処理とすることはできない。その主なものを以下に示す。

- ・ 床下温度・小屋裏温度

本プログラムは床下・小屋裏ともに外気温同等とした。Simheat の床下は地盤温度（一般に夏期は外気温より低い）の影響を受けるため、本プログラムは安全側。SimHeat の小屋裏は日射・夜間放射を受けて気温が上昇する（換気量によりある程度相殺されるが）ため、本プログラムは日中に関しては危険側。

- ・ 外部日除け

本プログラムは日除けを無視したため夏期は安全側。

- ・ 通気層

本プログラムでは空気層として扱う。Simheat は外気との換気が行われるとしている。本プログラムの方が安全側と考えられる。



室温およびエアコンの挙動を見るため、6 地域における代表的な 2 日間の室温湿度変動およびエアコン消費電力量の変動を示す。

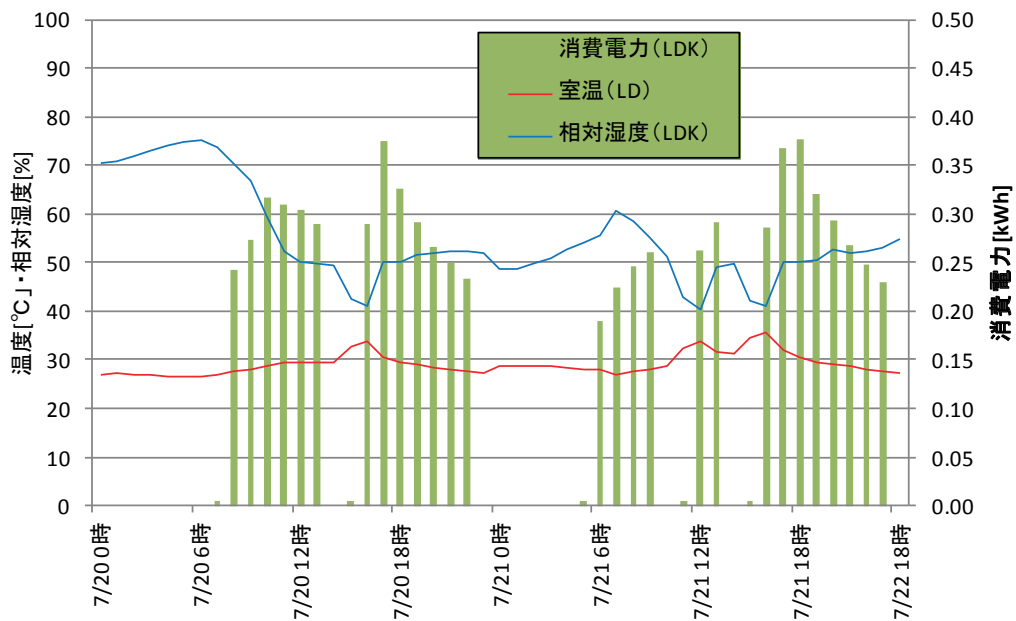


図 290 室温湿度・消費電力量変動（6 地域、LD、室温のみによる ON/OFF 判定）

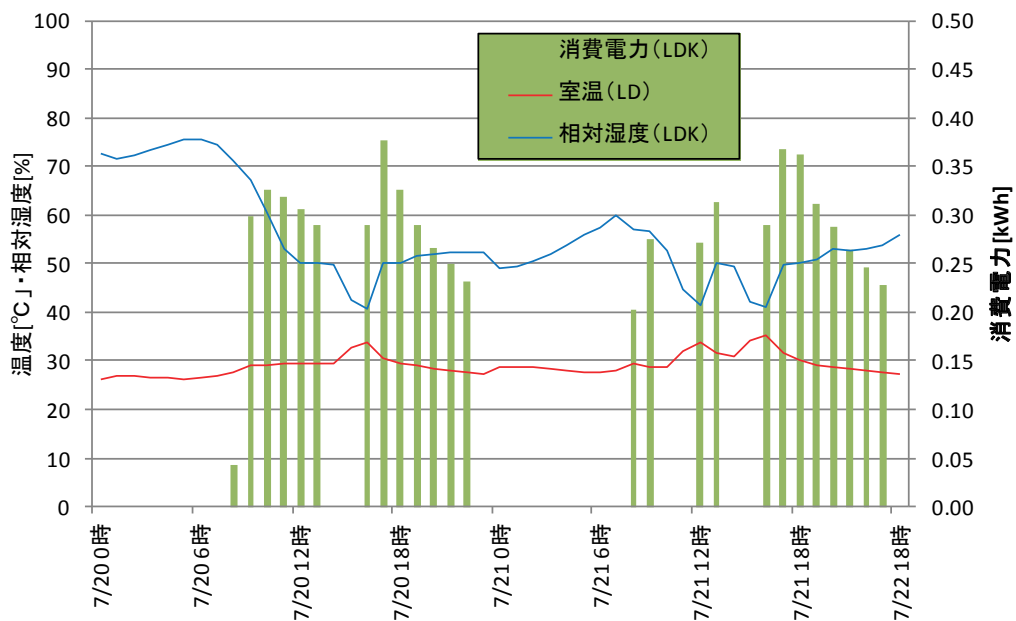


図 291 室温湿度・消費電力量変動（6 地域、LD、人体による ON/OFF 判定）

LD の結果を見ると、この 2 日間の室温は冷房中でも設定温度である 27°C まで低下することはほとんどなく、やや高い温度で推移している。一方相対湿度は設定湿度である 60% を下回り、おおむね 50% 程度が維持されていることがわかる。

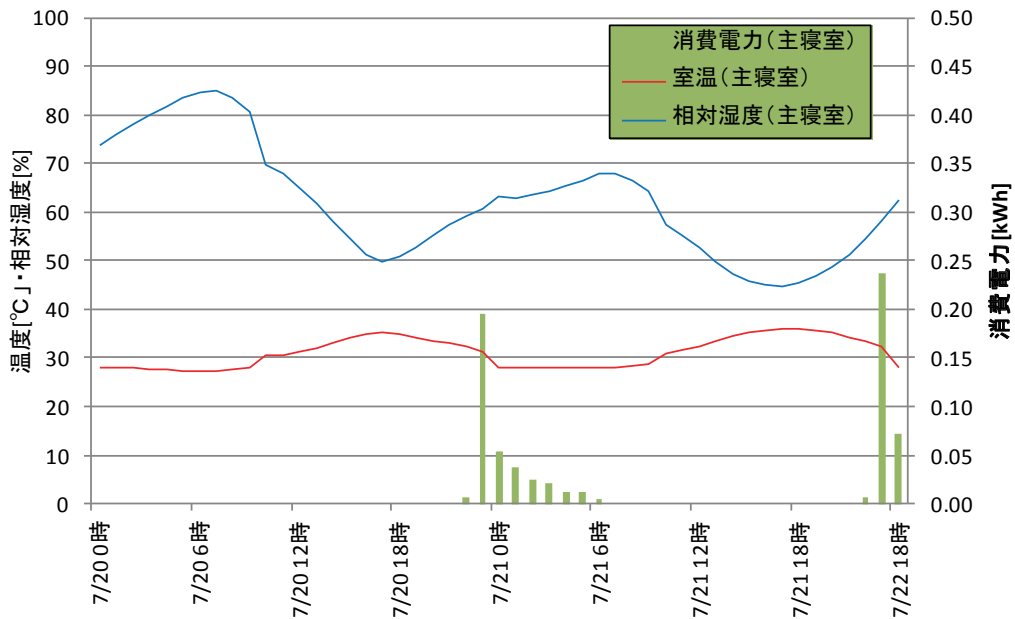


図 292 室温湿度・消費電力量変動 (6 地域、主寝室、室温のみによる ON/OFF 判定)

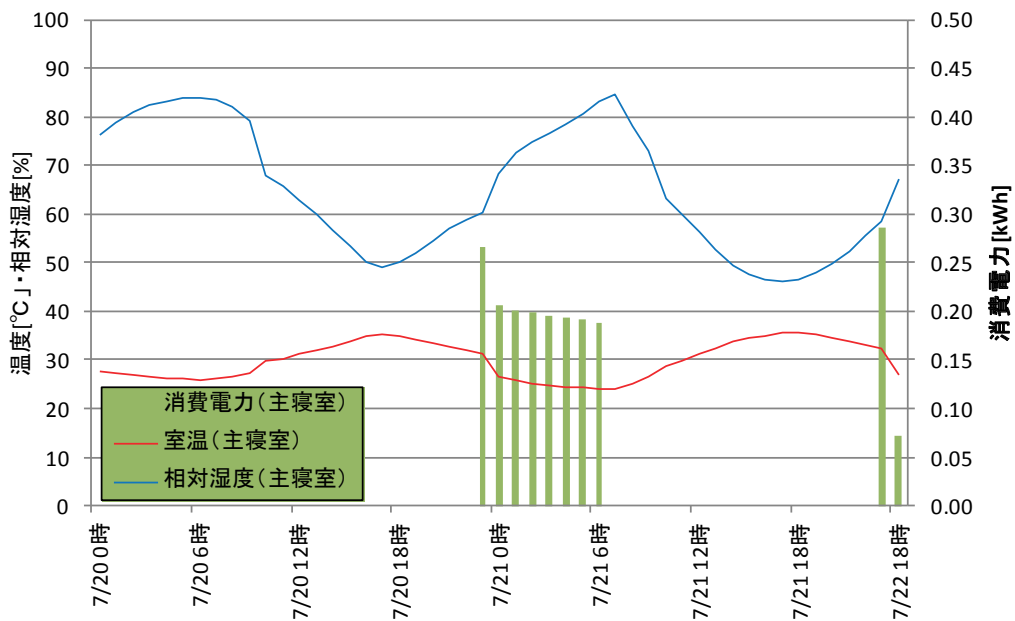


図 293 室温湿度・消費電力量変動 (6 地域、主寝室、人体による ON/OFF 判定)

主寝室の結果では、人体による ON/OFF 判定ではいったん ON になると在室中は常に冷房 ON となるため、7/20 から 21 日にかけて夜間は常にエアコンが稼働し、室温が 25°C 以下まで低下している。その間の潜熱処理量は小さいため、室の相対湿度は大きく上昇している。

一方、室温のみによる ON/OFF 判定では 1 分単位でエアコンの ON/OFF 判定が行われ (28°C を超過しているかどうか)、結果的には夜間の室温がほぼ 28°C に維持されている。

同様に、8地域における代表的な2日間の室温湿度変動およびエアコン消費電力量の変動を示す。

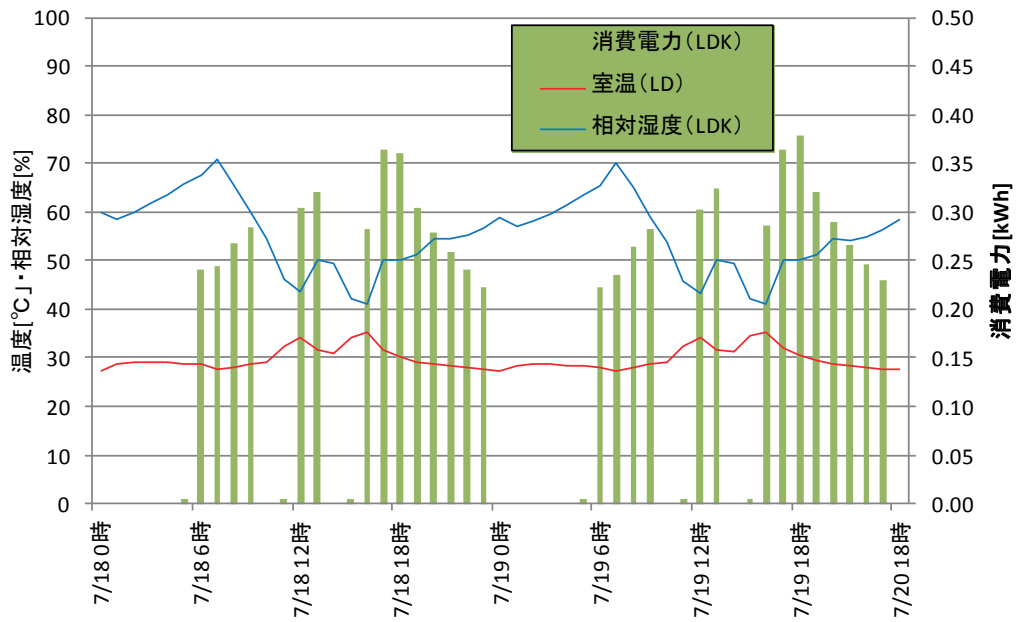


図 294 室温湿度・消費電力量変動（8地域、LD、室温のみによる ON/OFF 判定）

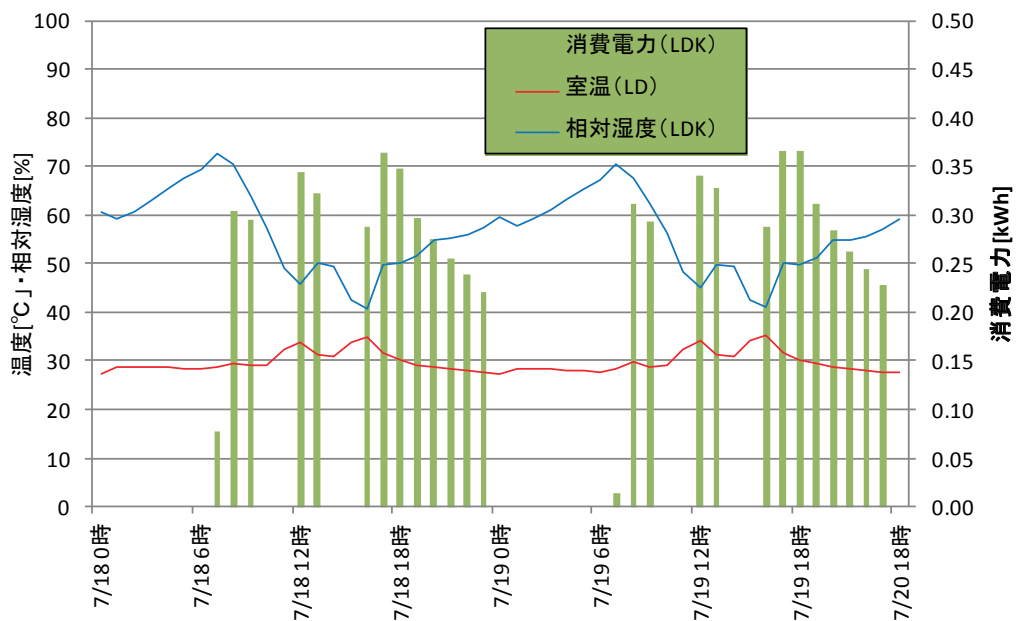


図 295 室温湿度・消費電力量変動（8地域、LD、人体による ON/OFF 判定）

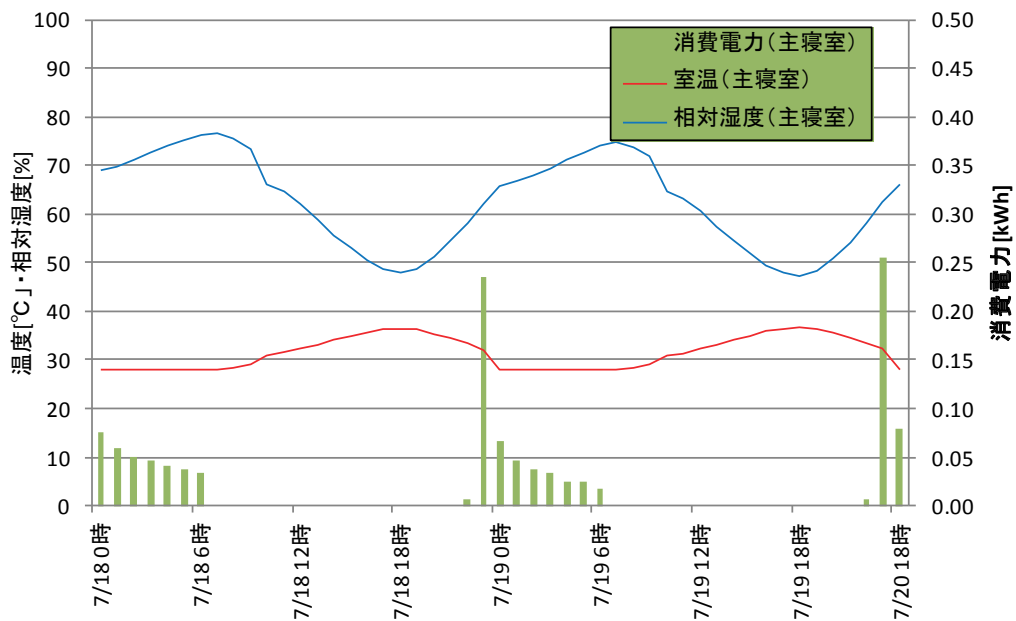


図 296 室温湿度・消費電力量変動（8地域、主寝室、室温のみによる ON/OFF 判定）

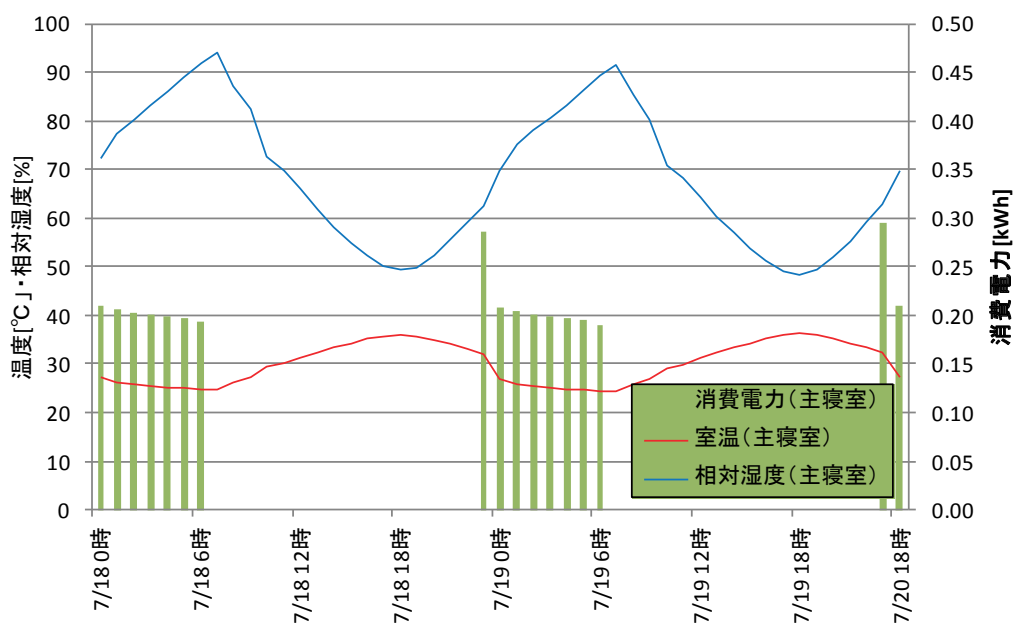


図 297 室温湿度・消費電力量変動（8地域、主寝室、人体による ON/OFF 判定）

計算結果から読み取れる傾向として、

- ・ 盛夏期の日中の冷房室温は 27℃まで低下することは少ないが、室相対湿度は 50%程度まで低下する。
- ・ 盛夏期の夜間の冷房室温はおおむね設定温度（28℃）を実現し、人体による判定を考慮した場合はさらに低くなる。ただし潜熱処理量は小さく、60%を実現することはできない。
- ・ 梅雨時や蒸暑時は、夜間の傾向に近い結果となる。
- ・ 暑く乾燥している日は顕熱処理量が卓越し、人体判定の有無の影響は小さく、Simheat の結果との差も小さくなると考えられる。

表 141 の値はこれらの傾向が複合的に生じた結果であるが、

- ・ 室温のみで判定した場合、(基準値との比較で) 寒冷地ほど冷房エネルギーが大きく、蒸暑地では小さくなる・・・SimHeat より潜熱除去量が小さいため
- ・ 人体で判定した場合、(基準値との比較で) どの地域も平均的に冷房エネルギーが大きい・・・夜間などで室温が低下しても冷房 ON の時間が続くため

という傾向を反映したための結果と考えられる。

