

# 逐次積分法による 室温及び空調負荷変動解析 SUCCS-Ⅲ解説書

2024 年 1 月

鈴木 憲三

## 内容

はじめに.....	1
プログラムの環境設定と起動方法 .....	1
<b>第 1 章 建物データファイルの作成</b> .....	<b>2</b>
1.1 プログラムの構成.....	2
1.2 モデル事務所ビル.....	4
1.3 壁コードと窓コード登録（前処理） .....	5
【壁コード登録】解説.....	5
【窓コード登録】解説.....	7
1.4 建物データファイルの作成 .....	9
<b>第 2 章 計算の実行とグラフ作図</b> .....	<b>19</b>
2.1 日周期計算 .....	19
2.2 期間計算の実行 .....	24
2.3 気象データ .....	26
<b>第 3 章 プログラムの詳細</b> .....	<b>29</b>
3.1 プログラムの仕様 .....	29
3.2 床下地盤・地下室の扱い方；地中温度 .....	29
3.3 太陽位置と日射量の計算 .....	35
3.4 外壁に当たる日射の扱い方 .....	35
3.5 窓からの日射熱 .....	35
3.6 日除けの影と日当たり率 .....	35
3.7 予熱時の室温上昇曲線 .....	37
3.8 作業程度別人体初熱量 .....	37
3.9 壁体の単位応答の種類と家具などの熱容量の扱い.....	38
3.10 壁表面温度.....	39
3.11 カーテン・断熱戸など.....	39
3.12 絶対湿度と相対湿度の換算.....	39
3.13 空調方式と計算方法；想定外の取り扱い .....	40
3.14 外気冷房 .....	40
<b>第 4 章 計算理論</b> .....	<b>41</b>
4.1 逐次積分法の基礎理論 .....	41
4.2 Environmental Temperature 法.....	43
参考文献 .....	45
建築学会モデル住宅.....	46

## はじめに



プログラム SUCCS-Ⅲは、逐次積分法と Environmental Temperature 法により、多数室の室温及び熱負荷変動を解析するソフトです。今回 Visual Basic 2010 で作成した汎用プログラム SUCCS-Ⅱを新しいフォーマットの HASP 型気象データに対応できるように改定しました。また予熱時間を 1 時間刻みではなく自由にし、地盤の大きな熱容量を直接扱うことを避けるために地中温度を外気温と室温の年変動から計算して与えるように工夫しました。このことによって戸建住宅では避けて通れない地盤あるいは床下を取り組むのが容易になったと思います。

本プログラムの元は 50 年以上前に荒谷先生が Fortran で書かれた逐次積分法の「室温及び負荷変動解析プログラム」です。最初は学生の演習のために PC-9801 用 BASIC で書き直していましたが、Windows と Visual Basic 普及とともに本格的なプログラムとして改良してきました。Fortran プログラムとの大きな違いは、多数室温の解法を連立方程式へ改め、気温のほかに平均放射温度を含めた室温 (Environmental Temperature) を使うようにした点です。熱負荷計算の精度ばかりでなく室内環境評価対象としての室温の意味も向上し、断熱や熱容量などの影響を十分な精度で数値実験できるようになっています。

非常常熱負荷計算プログラムはレスポンスファクター法や差分法による HASP、Micro Peak、HASPEE、The BEST Program をはじめとして多数あります。しかし計算速度が速く、演算時間間隔を短くしても記憶容量が増えないという逐次積分法の特徴は、パソコンの能力が爆発的に向上した現在では薄まりましたが、スマートな解法である点は色褪せていません。またアメリカで生まれたレスポンスファクター法と違って、我が国での一般的な間欠冷暖房負荷を求めるための室温変動理論を基にしており、直感的な理解のしやすさでは劣りますが、単純な積和の繰り返しは自分でプログラミングするうえで大きな長所です。

本プログラムは無料で理解しやすい Microsoft Visual Basic 2020 Community (Microsoft 社) で書かれています。またプログラムの作成には「算生会」の黒田英夫氏の技術計算用ソフトや著作を参考にしましたが、幸いにも現在無料公開 (著作権開放) されているので参照しやすくなりました。プログラムの内容を把握し独自の計算プログラムを作って活用するのに非常に役立つと思います。

## プログラムの環境設定と起動方法

- 1) 「室温及び負荷変動解析プログラム」SUCCS-Ⅲの入っているフォルダを PC の任意のところにコピーします。セットアッププログラムはありません。
- 2) 実行形式フォルダの中の Succs-ⅢExe を辿っていくと アイコン  Succs-Ⅲがあるのでクリックすると立ち上がります。
- 3) 本プログラムのソースファイルを開くには、Visual Basic 2022 (Visual Studio 2022 Community) 無料版をダウンロードし、パソコンにインストールと製品登録をしておく必要があります  
ソースファイルフォルダ⇒SUCCS-ⅢSet の中の  をクリックすると立ち上がります。
- 4) EXE の生成は IDE のメニューからビルド > ソリューションのビルド もしくは SUCCS-Ⅲのビルドで、ソリューションの中の bin¥debug または bin¥Release どちらかに出来ます。
- 5) 期間計算と HASP 型気象データによる周期計算を実行するうえで必要な気象データは本プログラムに内蔵していません。本プログラムの利用者は、**組み込む前にそれぞれが EA 気象データを購入するか、または気象データの使用に関するライセンス契約を結ぶ必要があります**。尚、無償の気象データもあるので第 2 章の気象データの解説をお読みください。

## 第1章 建物データファイルの作成

第1章では、Sample フォルダ内にあるモデル建物のデータファイル「**大学前ビル**」を使って入力データの解説を上段に、詳しい具体的な説明を下段に分けて示します。まず解説に従って進めると建物データファイル作成の一連の流れを理解できると思います。モデルでは説明のため室数の少ないものを取り上げているので、解説と説明を参照しながら室数の多いものに挑戦してみてください。

第2章では、モデル建物について平日の日周期的計算と期間計算を実行した例を示します。本プログラムでは運転スケジュールを平日と土・日曜と3種類設定できて継続計算もできるので、休日明けの最大負荷を求めることに挑戦してみてください。

第3章では、プログラムで採用した各種の計算方法について説明します。プログラムの内容を把握したり修正したりする場合などに参考にしてください。

逐次積分法と Environmental Temperature 法については最後の章で解説します。

### 1.1 プログラムの構成

立ち上げ時のメニュー画面を図1-1に示します。基本メニューは「解析データ」、「計算実行」、「グラフ表示」、「終了」の4つです。

「解析データ」メニューでは対象建物のデータファイルを作成し、「計算実行」メニューでは各種気象データを使って解析計算し、「グラフ表示」メニューでは結果をグラフ表示します。

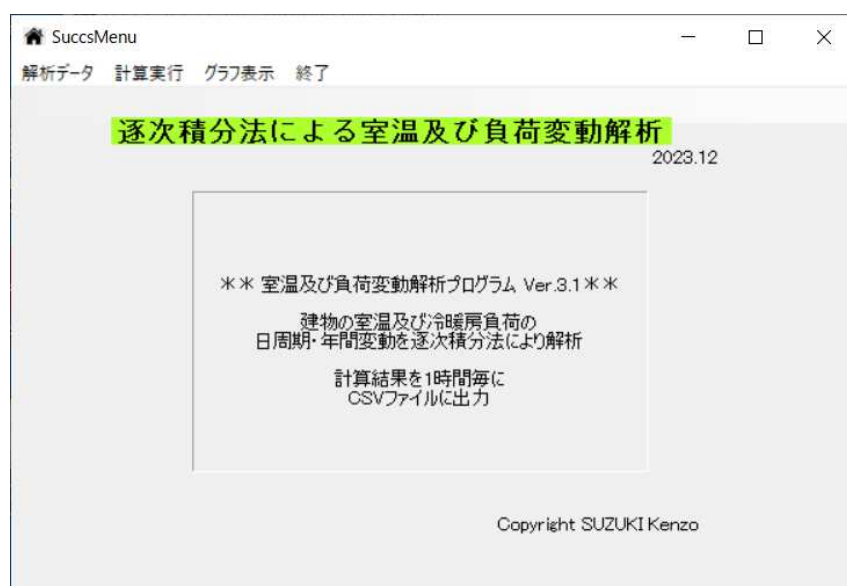


図 1-1 メニュー画面

図1-2にプログラムの構造図を示します。本プログラムでは建物データファイル作成に先立って計算対象に含まれる総ての壁の単位応答と、窓の熱貫流率と日射取得率を計算しておきます。

次いで【データ新規入力・修正】に従って建物の概要、室仕様、壁構成、冷暖房設定温湿度、室内発生熱、換気状態を入力し、「建物データファイル」と壁と窓熱的な性状を記述した「壁データファイル」を作成します。

計算実行に当たっては日周期計算か年間計算か計算目的に合う気象データを選択し、計算地点、暖房・冷房の選択、暖冷房運転モードを指定します。

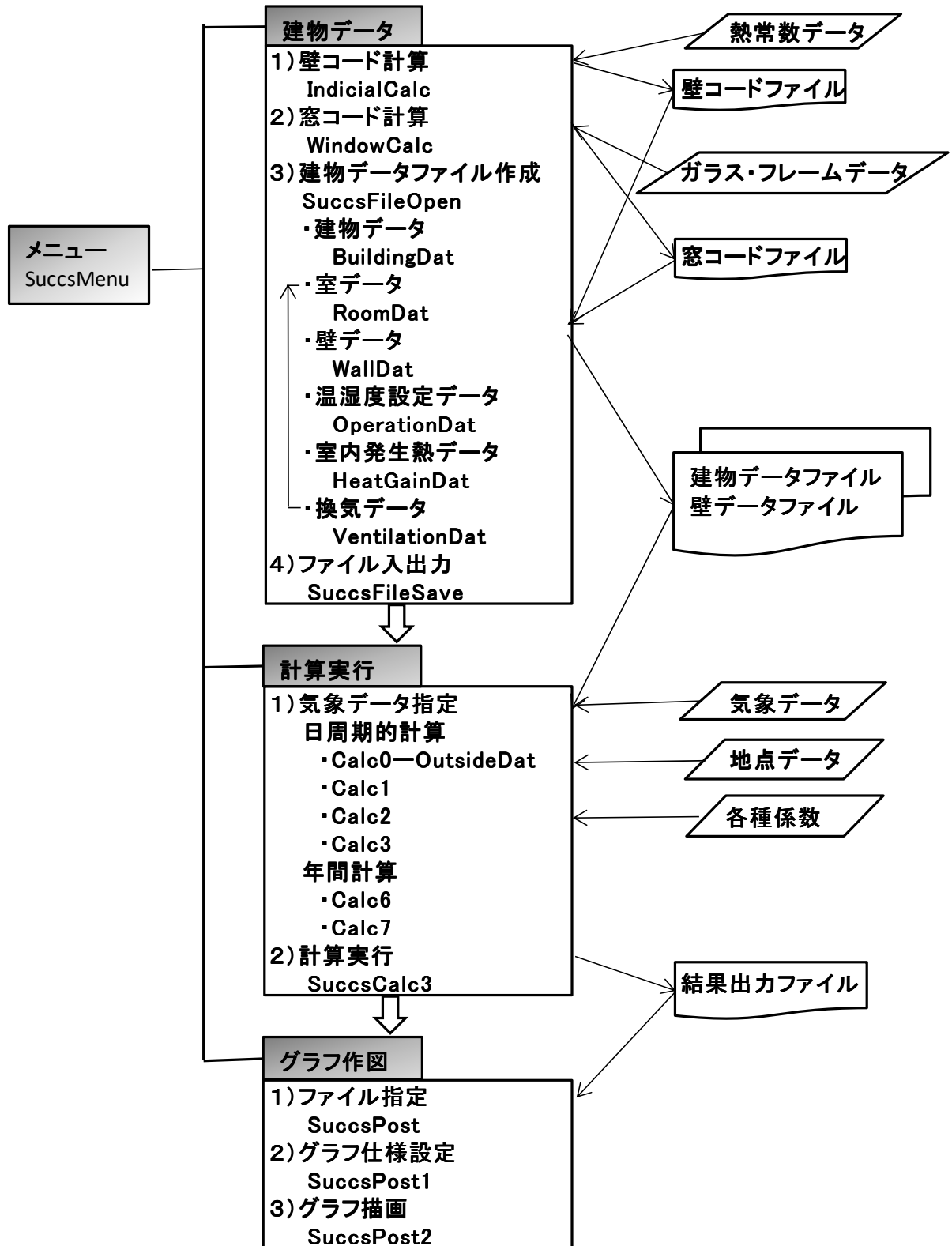


図 1-2 室温及び空調負荷変動解析プログラム SUCCS-Ⅲの構造図



## 1.2 モデル事務所ビル

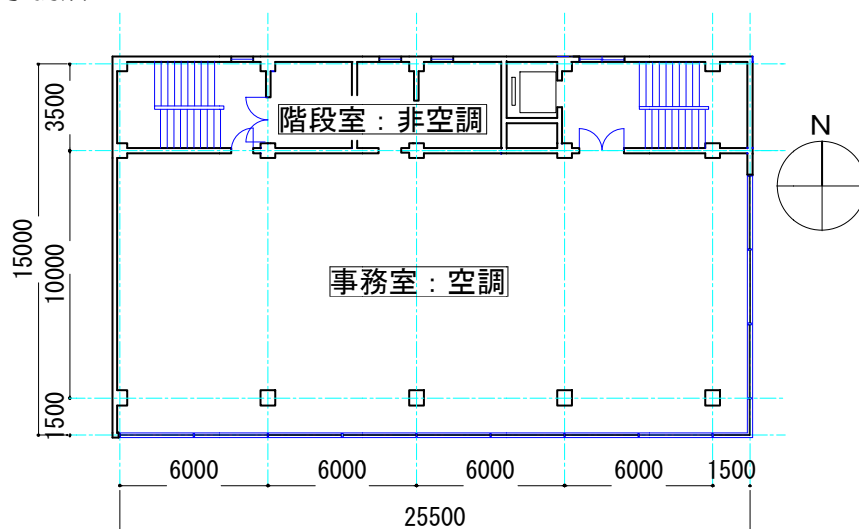


図 1-3 サンプルモデルビル平面図

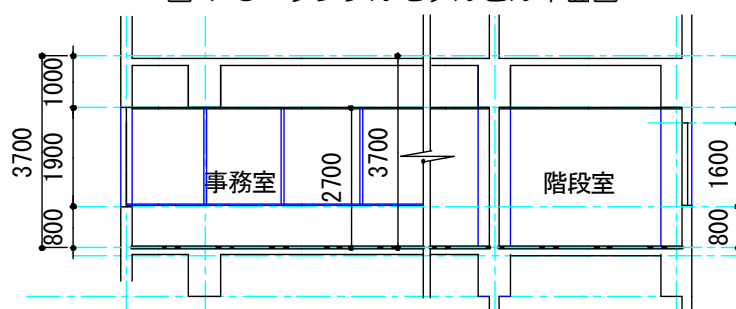


图 1-4 断面图

窓 ;窓J-ト` 5      外壁 ;壁J-ト` 105      内壁 ;145      天井 ;165-1      土間床 ;175

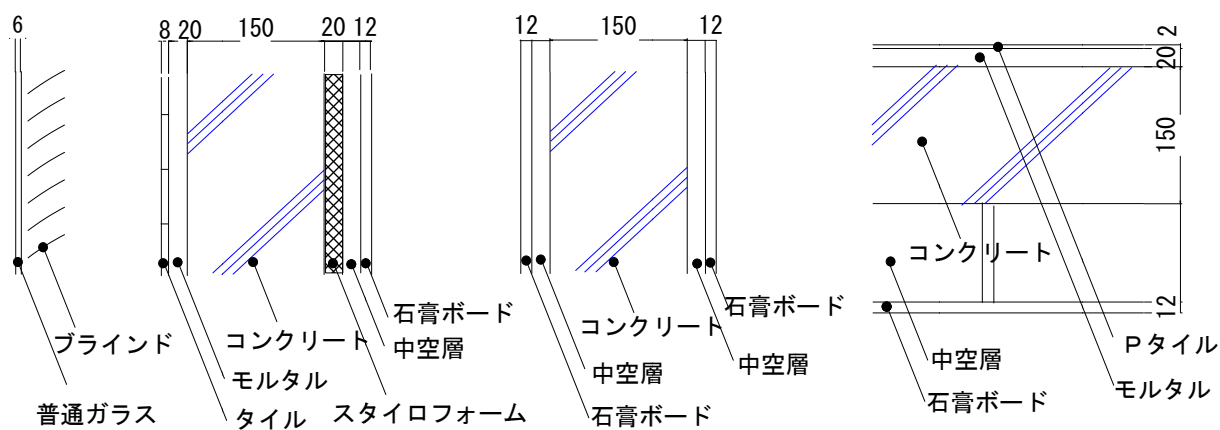


図 1-5 壁仕様とコード番号



図 1-6 空調システム

### 計算条件

多層建物の 1 階（上階は同じ室温変動）

空調時間：9～18時、暖房予熱 1.5 時間、冷房 1 時間

室内発生熱：事務室在室人員 5 m<sup>2</sup>/人、照明コンセント 20W/m<sup>2</sup>、機器類 10W/m<sup>2</sup>

取入外気：回転式全熱回収器付外調機、予熱時外気カット

### 1.3 壁コードと窓コード登録（前処理）

#### （1）壁コード登録

- ① メニュー画面の【解析データ】の中にある【単位応答計算】をクリックして単位応答計算画面 図 1-7 を開きます。
- ② 壁コード **105** を入力し、部材名称と厚さを確認します。モデル仕様と同じであれば次の壁コード **145、165、175** を入力し内容を確認します。
- ③ もし一致していなければ【Clear】をクリックしてから壁材料を**室内側から順に**部材名称と厚さを入力し、【計算登録】をクリックします。右側に新しい単位応答計算値が表示されます。
- ④ 総ての壁の確認/登録が終了したら【戻る】をクリックしてメニュー画面に戻ります。

部材名称	厚さmm
室内側(壁)熱伝達抵抗	1
2 セッコウボード	12
3 非密閉中空層	1
4 押出法ポリスチレンフォームb3	20
5 普通コンクリート	150
6 セメント・モルタル	20
7 タイル	8
8 室外側熱伝達抵抗	1
9	
10	
11	

	指数	貫流応答係数(共通)	表側吸熱応答係数	裏側吸熱応答係数
第1項	0.139	-1.147	0.124	10.598
第2項	1.369	0.505	0.05	5.061
第3項	3.219	-0.628	6.575	0.06
第4項	4.304	0.42	0.07	2.531
第5項	0	0	0	0
第6項	0	0	0	0
第7項	0	0	0	0
第8項	0	0	0	0
第9項	0	0	0	0
第10項	0	0	0	0
* 瞬間項		-0.005	0	0.246

図 1-7 単位応答計算画面

#### 【壁コード登録】解説

- 1) 壁コード番号は 1~200 である。
- 2) 壁材料の熱常数データ（熱伝導率、容積比熱）は、[caldat] フォルダの中にある「新熱常数.txt」ファイルを使用する。約 80 種登録済みで、表 1-1 の登録材料一覧表に示している。材料番 **96~104 は空気層**に固定しており、熱抵抗値である。
- 3) 希望の材料が無ければテキスト編集ソフトを使って「新熱常数.txt」を追加修正する。
- 4) 壁部材は**常に室内側から**入力する。1 番目の材料は室内側熱伝達抵抗になる。
- 5) 表面熱伝達抵抗と中空層熱抵抗の**厚さは 1**とする。
- 6) 計算した壁の材料構成と単位応答係数は、[caldat] フォルダ中の「壁コード.txt」ファイルに納められる。
- 7) 単位応答は表側励起と裏側励起が同時に計算登録されるので、非対称な内壁についても別にコードをつけて計算する必要はない。指定するときは**壁コードの後ろに「-」で区切って表側 0、裏側 1**をつけて区別する。

```
105
"大学前ビル-外壁"
100,"室内側(壁)熱伝達抵抗",1
30,"セッコウボード",12
98,"非密閉中空層",1
75,"押出法ポリスチレンフォームb3",20
21,"普通コンクリート",150
27,"セメント・モルタル",20
34,"タイル",8
104,"室外側熱伝達抵抗",1
0,"",0
0,"",0
0,"",0
0,0.893,0,0
10.598,0.139,-1.147,0.124
5.061,1.369,0.505,0.05
0.06,3.219,-0.628,6.575
2.531,4.304,0.42,0.07
0,0,0,0
0,0,0,0
0,0,0,0
0,0,0,0
0,0,0,0
0,0,0,0
0.246,0,-0.005,0
106
"105外壁"
```

図 1-8 壁コード.txt ファイル

- 8) 単位応答は指数が4より大きくなると瞬間項(Σ係数/指数)にまとめられる。  
 9) 定常項は熱貫流率に相当するので異常値の場合は、部材入力をチェックする。  
 10) 地盤などの特殊な壁について姉妹ソフト「新差分法2次元熱伝導解析プログラム」で別途単位応答を求めた場合は、テキスト編集ソフトを使って「壁コード.txt」を入れ替える。  
 11) 壁コード0~20は、基礎端部の2次元熱伝導計算値で、固定されている。

表 1-1 材料の熱常数

番号	名 称	熱伝導率 W/mK	容積比熱 Wh/m <sup>3</sup> K	番号	名 称	熱伝導率 W/mK	容積比熱 Wh/m <sup>3</sup> K
1	空気	0.022	0	53	シーリングボード	0.07	175
2	2	0.6	1167	54	インシュレーションボード	0.06	150
3	氷	2.2	583	55	パーティクルボード	0.15	200
4	雪(600kg/m <sup>3</sup> )	0.15	114	56	木毛セメント板	0.13	306
5	雪(200kg/m <sup>4</sup> )	0.64	342	57	木片セメント板	0.15	278
6	-			58	ハードボード	0.17	342
7	岩石(重量)	3.1	667	59	ミッドテンシティファインバーボード	0.12	228
8	岩石(軽量)	1.4	464	60	-		
9	土壌(粘土質)	1.5	859	61	吹込み用グラスウール13K	0.052	3
10	土壌(砂質)	0.9	554	62	住宅用グラスウール10K	0.05	2
11	土壌(ローム質)	1	867	63	住宅用グラスウール16K	0.045	4
12	土壌(火山灰質)	0.5	499	64	住宅用グラスウール24K	0.038	6
13	砂利	0.61	416	65	住宅用グラスウール32K	0.036	8
14	砂	0.49	395	66	高性能グラスウール16K	0.038	4
15	-			67	高性能グラスウール24K	0.036	6
16	鋼材	53	1000	68	-		
17	アルミニウム	210	667	69	吹込み用ロックウール25K	0.047	6
18	銅	370	889	70	住宅用ロックウール(マット)	0.038	9
19	ステンレス鋼	15	972	71	-		
20	-			72	押出法ホリスチレンフォームb1	0.04	9
21	普通コンクリート	1.63	556	73	押出法ホリスチレンフォームb2	0.034	10
22	軽量コンクリート1種	0.81	528	74	押出法ホリスチレンフォームb3	0.028	11
23	軽量コンクリート2種	0.58	444	75	-		
24	気泡コンクリートパネルALC	0.17	183	76	ビーズ法ホリスチレンフォーム4号	0.043	6
25	コンクリートブロック(重量)	1.1	500	77	ビーズ法ホリスチレンフォーム3号	0.04	7
26	コンクリートブロック(軽量)	0.53	444	78	ビーズ法ホリスチレンフォーム1号	0.036	11
27	セメント・モルタル	1.5	444	79	ビーズ法ホリスチレンフォーム特号	0.034	10
28	-			80	-		
29	せっこうプラスタ	0.6	444	81	ホリエチレンフォーム1種2号	0.042	4
30	せっこうボード	0.22	231	82	ホリエチレンフォーム2種	0.038	13
31	しっくい	0.74	389	83	-	0	
32	土壁	0.69	306	84	フェノールフォーム2種1号	0.036	21
33	ガラス	1	528	85	フェノールフォーム2種2号	0.034	17
34	タイル	1.3	556	86	フェノールフォーム2種3号	0.028	12
35	レンガ壁	0.64	389	87	フェノールフォーム1種1号	0.022	21
36	かわら	1	417	88	-		
37	ロックウール化粧吸音板	0.064	82	89	吹付硬質ウレタンフォームA種3	0.04	7
38	火山性ガラス質複合板	0.13	189	90	吹付硬質ウレタンフォームA種1	0.034	17
39	ケイ酸カルシウム板	0.2	192	91	硬質ウレタンフォーム1種1号	0.029	17
40	-			92	硬質ウレタンフォーム2種4号	0.028	12
41	ビニール系床材(リノリウム)	0.19	417	93	硬質ウレタンフォーム2種2号	0.024	12
42	FRP	0.26	528	94	硬質ウレタンフォーム2種1号	0.023	17
43	アスファルト類	0.11	256	95	-		
44	畳	0.15	81	96	室内側(壁)熱伝達抵抗	0.11	0
45	建材畳床産Ⅲ型	0.052	58	97	室内側(天井)熱伝達抵抗	0.09	0
46	建材畳床KN型	0.034	11	98	室内側(床)熱伝達抵抗	0.15	0
47	カーペット類	0.08	89	99	-		
48	-			100	室外側熱伝達抵抗	0.04	0
49	木材3種(重量)ブナ	0.19	253	101	-		
50	木材2種(中量)松	0.15	181	102	密閉中空層	0.18	0
51	木材1種(軽量)杉、エゾ松	0.12	144	103	非密閉中空層	0.09	0
52	合板	0.16	200	104	-		

出典：試して学ぶ熱負荷 HASPEE、空気調和衛生工学会、2012 年  
 尚、本プログラムの熱量単位は Wh を使用しています。材料の容積比熱の単位は Wh/m<sup>3</sup>K です。

## (2) 窓コード登録

- ① メニュー画面の【解析データ】の中にある【窓特性値計算】をクリックして窓特性値計算画面 図 1-9 を開きます。
- ② 窓コード **5** を入力し、ガラス部材と窓フレームを確認します。
- ③ モデル窓と一致しない場合は【Clear】してから**外側ガラスから順** にガラス部材と窓フレームを入力します。
- ④ 【計算登録】を押すとガラスと窓フレームを含めた窓の熱貫流率と日射取得率が計算されます。
- ⑤ 総ての窓の確認/登録が終了したら【戻る】をクリックしメニュー画面に戻ります。

図 1-9 窓特性値計算画面

## 【窓コード登録】解説

- 1) 窓コード番号は 1～50 である。
- 2) [caldat] フォルダの中にある「ガラス&サッシ常数.txt」ファイルの透過率、反射率、吸収率、熱抵抗値およびサッシの熱貫流率、ガラス比率データを使い、**サッシを含む窓の熱貫流と日射取得率**を計算する。サッシを含めた窓の熱貫流率の計算方法は JIS に準拠している。
- 3) **外側のガラスから順**に入力する。複層ガラスの場合は中空層も部材となる、
- 4) 窓枠データは住宅用なので、正しいフレーム熱貫流率とガラス比率が設計図などから分かる場合は直接入力し、【計算登録】する。
- 5) 特殊な窓についてカタログなどから窓の熱貫流率、日射取得率、ガラスの割合を求めた場合は、その数値を代入し、【非計算登録】する。

```
44 |-----  
45 | 5, "窓名称=", "ブラインド付単板ガラス窓"  
46 | 1, "フロートガラス6mm"  
47 | 35, "ブラインド(明色)"  
48 | -1, ""  
49 | -1, ""  
50 | -1, ""  
51 | -1, ""  
52 | -1, ""  
53 | "ガラスU値", 5.1, "日射取得率", 0.46  
54 | "サッシ材質", 0, "サッシ名称", "引違-アルミ", "サッシ値", 3.8, "ガラス比率", 0.81, "窓U値", 4.853  
55 |-----
```

図 1-10 窓コード.txt

表 1-2 ガラスと中空層及び室内側遮蔽物の光・熱物性 (JIS A 2102-1)

番号		品 種	透過率 (%)	反射率 (%)	吸収率 (%)	熱抵抗 (m <sup>2</sup> K/W)
1		フロートガラス3mm	86	8	6	0.000
2		フロートガラス6mm	81	7	12	0.006
3		フロートガラス8mm	77	7	16	0.008
4		フロートガラス10mm	74	7	19	0.010
5	ガ	フロートガラス12mm	72	7	22	0.012
6		フロートガラス15mm	68	7	26	0.015
7	ラ	Low-eガラス3mm	62	25	13	0.000
8		熱線反射ガラス6mm	62	22	16	0.010
9	ス	熱線反射ガラス8mm	60	20	20	0.010
10		熱線反射ガラス10mm	57	20	23	0.010
11		熱線反射ガラス12mm	55	19	26	0.010
12		熱線吸収板ガラス5mm	51	6	43	0.010
13		熱線吸収板ガラス8mm	39	5	56	0.010
14		熱線吸収板ガラス12mm	29	5	66	0.010
15		網入板ガラス7mm	78	8	15	0.010
16		空気層 6mm-普通複層ガラス	100	0	0	0.127
17		空気層 9mm-普通複層ガラス	100	0	0	0.154
18		空気層 12mm-普通複層ガラス	100	0	0	0.173
19	中	空気層 15mm-普通複層ガラス	100	0	0	0.186
20		空気層 6mm-Low-e複層ガラス	100	0	0	0.211
21	空	空気層 9mm-Low-e複層ガラス	100	0	0	0.299
22		空気層 12mm-Low-e複層ガラス	100	0	0	0.377
23	層	空気層 15mm-Low-e複層ガラス	100	0	0	0.447
24		アルゴンガス層 6mm-普通複層ガラス	100	0	0	0.153
25		アルゴンガス層 9mm-普通複層ガラス	100	0	0	0.175
26		アルゴンガス層 12mm-普通複層ガラス	100	0	0	0.187
27		アルゴンガス層 15mm-普通複層ガラス	100	0	0	0.200
28		アルゴンガス層 6mm-Low-e複層ガラス	100	0	0	0.285
29		アルゴンガス層 9mm-Low-e複層ガラス	100	0	0	0.386
30		アルゴンガス層 12mm-Low-e複層ガラス	100	0	0	0.497
31		アルゴンガス層 15mm-Low-e複層ガラス	100	0	0	0.544
32		ブラインド(明色)	45	35	20	0.040
33	室	ブラインド(中等色)	45	10	45	0.040
34	内	普通カーテン(青色)	45	10	45	0.050
35	側	遮光用カーテン	0	90	10	0.050
36	遮	レース	60	20	20	0.030
37	蔽	障子	40	35	25	0.050
38	物	反射ルーバー	85	10	5	0.012
39		予備	0	0	0	0.000
40		予備	0	0	0	0.000

表 1-3 窓フレームの熱貫流率とガラス面積比率

フレーム種類	熱貫流率 (W/m <sup>2</sup> K)	ガラス 面積率
引違ーアルミ	3.8	0.81
引違ー木	1.6	0.87
引違ーPVC	2.4	0.71
引違ー木+アルミ	1.8	0.79
引違ーPVC+アルミ	2.4	0.79
開きーアルミ	3.8	0.80
開きー木	1.6	0.75
開きーPVC	1.5	0.78
開きー木+アルミ	1.8	0.80
開きーPVC+アルミ	1.7	0.80



## 1.4 建物データファイルの作成

### (1) 建物の概要データ入力

- ① メニューの【解析データ】のサブメニュー【ファイル読み込み】をクリックし、Sample フォルダ内にあるモデル建物のデータファイル「大学前ビル（1 階曜日）.Dat」を開きます。  
（新規に解析データを作る場合は、サブメニュー【データ新規入力・修正】を選択します）
- ② 【解析データ】のサブメニュー【データ新規入力・修正】をクリックします。
- ③ 建築概要入力画面図 1-11 が開かれたら建物名称・室数・延床面積、計算室の名称、外壁の方位名称、壁方位角度と傾斜角などを確認します。室番号 0 は外気に固定されています。
- ④ 地盤に接する 1 階の室名、1 階か地下室か、土壌種類、地盤面と床上端との差を確認します。
- ⑤ 入力データを確認したら、【設定】をクリックします。

室番	室名称
0	外気
1	事務
2	階段

方位番号	方位名称	方位角度 (°)	傾斜角度 (°)
1	日陰	0	90
2	東	-90	90
3	南	0	90
4	西	90	90
5	北	180	90
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			

番号	接地室名	室種別	土壌種類	床面と地盤面との差(m)	基礎断熱抵抗(m2K/W)
1	事務	一階	砂質	0	0.89
2	階段	一階	砂質	0	0.89
3					

図 1-11 建築概要データ入力フォーム

### 【建築概要データの入力】解説

- 1) 建物の部屋数-----計算上分割する室数。小屋裏、床下なども含まれる。
- 2) 延床面積-----床面積当たりの負荷を画面表示するためのもので、空調面積を入力すると空調面積当たりの負荷が表示される。
- 3) 発生熱・換気条件--用意されている 3 つの室内発生性熱・換気条件を曜日（平日、休日（土）、（入力区分） 日曜）に割り当てるか、季節（暖房期間、冷房期間、休日）に割り当てるか、選択する。  
註）入力区分と計算種別の組み合わせは第 2 章に解説している。
- 4) 発熱・換気条件-----在室人数などを単位床面積当たりで入力するか、室単位で入力するか（入力単位） 選択する。
- 5) 外気取入方式-----外気を機械で強制的に室へ入気する方式について、温湿度調整機能の有無、熱回収（交換）装置の有無によって区分けする。
- 6) 室名称 -----接地室名のように名称を使って入力を進めているので変更できない。
- 7) 壁方位・角度-----外壁・窓の日射受熱量に係る方位と角度を入力する。
- 8) 地盤面と床上面との差---地下室（床が低い）場合をプラスとする。
- 9) 基礎断熱・地下室壁熱抵抗----基礎や地下室壁が断熱されている場合は、その熱抵抗値を入力する。

## (2) 事務室データの入力

- ① 「室データ」入力画面図 1-12 が開かれたら内容を確認します。
- ② 空気や家具などの室内熱容量は一般に  $3\text{Wh}/\text{m}^3\text{K}$  が使われています。
- ③ 【設定】をクリックすると事務室の窓・壁データの入力へ移ります。

室データ

データを入力してください。

室名称 **階段室**

室床面積( $\text{m}^2$ ) 89.25

天井高さ(m) 2.7

室内熱容量( $\text{Wh}/\text{m}^3\text{K}$ ) 3

途中の入力を飛ばして次の階段室へ移ります

設定 最初に戻る 次の室へ 中止

図 1-12 事務室のデータ入力画面

---

### 【室条件の入力】解説

- 1) 床面積-----室の床面積 $[\text{m}^2]$ 。
  - 2) 天井高-----換気量や熱容量を計算するための天井高さ。
  - 3) 熱容量-----気積  $1\text{m}^3$  当たりの空気と家具の熱容量 $[\text{Wh}/\text{m}^3\text{K}]$  を入力する。熱容量には空気以外に家具などを含み正確な値を予測するのは困難である。一般には  $3\sim 6[\text{Wh}/\text{m}^3\text{K}]$  の値を使う。本プログラムでは家具を容積比熱  $300\text{Wh}/\text{m}^3 \cdot \text{K}$  の厚さ  $20\text{mm}$  の合板で代表させ、蓄熱応答を使用している。熱容量の比率は空気 30%、家具 70%としているが、Caldat フォルダ内の「比率係数.txt」で変更可能である。
  - 4) 次の室へ-----データファイルの修正の場合、これ以降の窓・壁データ、温湿度設定条件、室内発生熱条件、換気条件の見直しを飛ばして次の室へ移ることができる。
-



### (3) 事務室の窓・壁データの入力

- ① 図面にしたがってコード、寸法など情報を確認します。
- ② 窓欄で日射を受ける床のコードは本来土間床の 175 ですが、1 階床から地盤に流出する熱は事務室に無関係であり、2 階床から流入する日射熱が関係します。そのために 2 階床の壁コードである 165-0 を指定しています。
- ③ 窓コードや壁コードのセルをダブルクリックすると窓性能計算画面や単位応答計算画面が現れるので、部材構成の確認や変更することができます。
- ④ 地盤に接する土間床や地下室壁は外壁・地盤に入力します。
- ⑤ 基礎断熱であることから基礎回りの 2 次元伝熱を省略しています。
- ⑥ 天井は蓄熱の働きをするので**自室の壁**として内壁の中で入力します。
- ⑦ 内壁の壁コードには単位応答計算時の励起方向にしたがってサフィックスを付けます。
- ⑧ 間違いがないことを確認したら【設定】をクリックし、次へ移ります。

事務室の窓・壁データの入力

列(上)ヘッダーを「ダブルクリック」すると入力項目の解説が、行ヘッダーを「ダブルクリック」すると行のコピー/削除方法が表示されます

窓

番号	方位	窓コード	窓高(m)	窓巾(m)	個数	床コード	隣接受熱室	日除出(m)	日除巾(m)	小壁高(m)	袖壁(m)	カーテン窓コード	壁面名称	窓U値	取得率	ガラス比率	カーテンU値
1	東	5	1.9	10.5	1	165-0	事務	0.05	10.5	-	0.05	-	-	4.85	0.46	0.81	0
2	南	5	1.9	25.5	1	165-0	事務	0.05	25.5	-	0.05	-	-	4.85	0.46	0.81	0
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	

外壁・地盤

番号	方位	壁コード	壁高(m)	壁巾(m)	付設窓番号	壁面名称
1	東	105	3.7	11.5	1	-
2	南	105	3.7	25.5	2	-
3	西	105	3.7	11.5	-	-
4	床中央	175	10.5	23.5	-	床
5	床端部	175	46.5	1.0	-	-
6						
7						
8						
9						
10						

内壁

番号	隣室	壁コード	壁高(m)	壁巾(m)	壁面名称
1	階段	145-0	2.7	25.5	-
2	事務	165-1	11.5	25.5	天井
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

設定 戻る 中止 総て確定 行貼付け 行削除

図 1-13 事務室の窓・壁データの入力画面

### 【窓データの入力】解説

- 1) 一室に窓と外壁は 10 個、間仕切り壁は 12 個の入力欄が用意されている。
- 2) 窓方位、窓コード、窓高、窓巾、個数、床コード、隣接受熱室は必ず入力する。
- 3) 窓コードのセルをダブルクリックすると窓の熱貫流率と日射取得率を計算するフォームが現れるので、計算モデルで使用している部材構成と一致しているか確認できる。窓コードや窓構成をここで変更することも可能である。
- 4) 床コードを入力するのは、本プログラムが窓を透過した日射熱は一旦床に吸収され、その後放熱されるとして（負荷の遅れ）を扱っているためである。隣接受熱室は、床で一旦吸熱された熱の一部が反対側から放熱される室のことである。
- 5) 本プログラムでは、日除けが窓につくる影面積を計算して窓から入る直達日射量を減じており、日除けがある場合その寸法を入力する。
- 6) カーテン窓コードは昼と夜でカーテンなどを使用して熱貫流率が変化する場合に入力する。

- 7) 壁面名称は壁の室内側表面温度を計算する場合に入力する。
- 8) 窓の U 値以下⑭～⑰は窓コードとカーテン窓コードから自動的に設定される。

#### 【外壁データの入力】解説

- 1) 方位、壁コード、壁高、壁巾は必ず入力する。
- 2) 壁コードセルをダブルクリックすると壁のインディシャル応答を計算するフォームが現れるので、計算モデルで使用している部材構成と一致しているか確認する。壁コードや壁部材構成をここで変更することも可能である。
- 3) 外壁に窓がある場合、付設窓番号を入力することで外壁面積（壁高×壁巾）から窓面積を引くようにプログラムされている。
- 4) 窓が複数あるときは 1+2 のように「+」で区切る。
- 5) 地盤に接する室がある場合、床近傍の年変動地中温度を求めて室との流入出熱を計算する。土間床については地盤温度を室温の影響の大きな床中央と外気温の影響する床端部に分ける。地下室については室温の影響の大きな床と地中深さに関係する壁に分ける。
- 5) 特殊な壁について 2 次元・3 次元熱伝導解析プログラムなどで別途単位応答を求めた場合、壁高×壁巾が単位応答計算の室内側熱伝達表面積に合致するように調整入力する。

#### 【内壁データの入力】解説

- 1) 内壁には室間の境界壁以外に自室内の仕切り壁やビルの基準階のように上下階が同じ室温変動する床・天井が含まれる。
  - 2) 隣室との境界壁を入力すると、相手側の室の入力時に自動的に同じ壁コード、壁高、壁巾が指定される。壁コードにサフィックスを付けた場合は反対に（0→1）に変更される。
-

#### (4) 事務室の温湿度設定条件の入力

- ① 温度・湿度調整のチェック、暖房・冷房時の設定温湿度を確認します。

図 1-14 事務室の温湿度設定条件入力画面

#### 【温湿度設定条件入力】解説

##### 1) 室の種類

温度湿度調整室-----空調が行われている室で、熱負荷あるいは温湿度を計算する。

非調整室-----空調や暖房が行われていない室で、温湿度を計算する。

温度調整室-----湿度調整がない室で、温度あるいは顕熱負荷を計算する。

##### 2) 空調・暖房方式

ダクト空調・対流暖房--空気温度を設定（一般の場合）。

パネル空調・放射暖房--床暖房や天井パネル空調のことで設定温度は Environmental Temp になる。設定室温は対流暖房より低めで良い。

- 3) 設定温湿度-----温度湿度調整室には時刻ごとに設定温度（℃）湿度（％）を入力する。ブランクあるいは 0 は無調整を意味している。例えば 18:00--22℃、19:00--ブランクは 18 時まで 22℃で 18 時以降は空調が停止することを示している。

- 4) 予熱時間-----予熱開始時刻の温度欄に 1 または小数点以下の端数を、途中の時刻に 1 を入力して合計が予熱時間になるようにする。ただし予熱 1 時間の場合はブランクでもよい。室温上昇は直線ではなく、予熱終了時に極大値と変曲点となる 3 次曲線である。

- 5) コピーと貼付け-----最初入力したセルをクリックして下へドラッグし【下方向のコピー】を押すと入力したセルの値がドラッグした位置までコピーされる。

## (5) 事務室の室内発生熱条件の入力

- ① 入力単位が床面積当たりであることを確認しながら、照明・人体・機器に関する入力データをチェックします。
- ② LED 照明、白熱灯、蛍光灯では電力が大幅に異なります。

**事務室の室内発生熱条件の入力** 単位に注意して入力してください

◆ 照明条件  
 照明用電力(W/m²) 10  
 室内放熱比率 1  
☒ LED照明  
☐ 白熱電灯  
☐ 蛍光灯

◆ 人体発生熱条件  
 占有面積(m²/人) 5  
☐ 休息、劇場  
☐ 着席、学習  
☒ 事務・軽歩行  
☐ 立・座・歩行、銀行  
☐ 軽工場作業

◆ 機器発生熱条件  
 発熱量(W/m²) 20

**点灯率(%)**

時間	平日(第一)	休日/土(第二)	日曜(第三)
0~1			
1~2			
2~3			
3~4			
4~5			
5~6			
6~7			
7~8			
8~9	50		
9~10	100		
10~11	100		
11~12	100		
12~13	50		
13~14	100		
14~15	100		
15~16	100		
16~17	100		
17~18	50		
18~19			
19~20			
20~21			
21~22			
22~23			
23~24			

**在室率(%)**

時間	平日(第一)	休日/土(第二)	日曜(第三)
0~1			
1~2			
2~3			
3~4			
4~5			
5~6			
6~7			
7~8			
8~9	50		
9~10	100		
10~11	100		
11~12	100		
12~13	50		
13~14	100		
14~15	100		
15~16	100		
16~17	100		
17~18	50		
18~19			
19~20			
20~21			
21~22			
22~23			
23~24			

**利用率(%)**

時間	平日(第一)	休日/土(第二)	日曜(第三)
0~1			
1~2			
2~3			
3~4			
4~5			
5~6			
6~7			
7~8			
8~9	50		
9~10	100		
10~11	100		
11~12	100		
12~13	100		
13~14	100		
14~15	100		
15~16	100		
16~17	100		
17~18	50		
18~19			
19~20			
20~21			
21~22			
22~23			
23~24			

設定 戻る 中止 総て確定 下方向のコピー

図 1-15 事務室の室内発生熱条件の入力画面

## 【室内発生熱条件の入力】解説

### 1) 照明発生熱の条件

蛍光灯とLED 照明の消費電力を比較した場合、30%~50%の節減になる。白熱灯や蛍光灯が27年末までに製造・輸出禁止?になり、使えなくなる見込みである。

- ① 照明電力-----照明ワット数(W/m²)
- ② 室内放熱比率-----室内へ放熱される比率(%)で通常は1でよい。事務所ビルなどで照明負荷軽減する目的で、吸込み式トロップアを用いるための用意でその場合は0.75~0.85程度である。
- ③ 照明器具-----LED 照明、白熱灯、蛍光灯照明を指定(発熱量の違い)。
- ④ 点灯率(%)またはワット数(W/室)-----時間毎に入力。

### 2) 人体発生熱の条件

- ① 占有面積-----一人当たりの床面積(m²/人)か人数。一般事務室5~10 m²/人。
- ② 作業内容-----作業内容によって発熱量が変化。
- ③ 在室率(%)または人/室-----時刻毎に入力。女子は0.85倍、子供は0.75倍にする。

### 3) 機器発生熱の条件

- ① 顕熱発熱量-----床面積当たりの顕熱量(W/m²)
- ② 利用率(%)または発熱量(W)-----時刻毎に入力。

(6) 事務室の換気条件の入力は

- ① 換気回数と換気量の違いに注意して入力データを確認します。
- ② 予熱時外気カットの設定なので8～9時には入力していません。
- ③ 次からは室データの繰り返しになるので、入力方法を理解出来たら、【総て確定】をクリックすると階段室を飛ばして入力を終了し「ファイル保存」することができます。

図 1-16 事務室の換気条件の入力画面

【換気使用条件の入力】解説

- 1) 本プログラムでは内外圧力差を求めて隙間換気量を計算することはしていない。
- 2) 隙間換気量は換気回数（回/h）で入力する。
- 3) 空間換気量は単位床面積区分入力を指定した場合は換気回数（回/h）で、室単位区分入力を指定した場合は換気量（m³/h）で入力する。
- 4) 取入外気とは、外気を機械で強制的に入気している場合であり、熱交換換気装置が付いている場合は、（1-熱交換効率）が実質換気量になる。
- 5) 取入外気は換気量は、単位床面積区分入力を指定した場合は（m³/m²/h）で、室単位区分入力を指定した場合は（m³/h）で入力する。

## (7) 階段室データの入力

以下は事務室と同様の繰り返しになります。

図 1-17 階段室のデータ入力画面

## (8) 階段室の窓・壁データの入力

- ① 北外壁には 1 番と 2 番の窓が付いているので付設窓番号は 1+2 となります。
- ② 事務室の入力で階段室との境界壁 145 を設定したので、階段室の入力では内壁の隣室：事務室欄が自動的に記入され、境界壁コードのサフィックスは逆向きに (0→1) に変更されます。
- ③ 境界壁でない天井と床については自分で入力する必要があります。

図 1-18 階段室の窓・壁データの入力画面



### (9) 階段室の温湿度設定条件の入力

- ① 階段室は温湿度非調整室なので入力はありません。
- ② 温湿度を入力した場合でも計算では室種類；非調整室が優先され無視されます。

冷暖房条件

階段室の設定温湿度データの入力

◆ 室種類 ☐ 温度・湿度調整室 ☒ 非調整室 ☐ 温度のみ調整室

◆ 空調・暖房方式 ☒ 対流暖房・ダクト空調 ☐ 床暖房・パネル空調

暖房設定温湿度

時刻	平日 (第一) ℃	平日 湿度 %	休日/土 (第二) ℃	休日 湿度 %	日曜 (第三) ℃	日曜 湿度 %
1:00						
2:00						
3:00						
4:00						
5:00						
6:00						
7:00						
8:00						
9:00						
10:00						
11:00						
12:00						
13:00						
14:00						
15:00						
16:00						
17:00						
18:00						
19:00						
20:00						
21:00						
22:00						
23:00						
24:00						

冷房設定温湿度

時刻	平日 (第一) ℃	平日 湿度 %	休日/土 (第二) ℃	休日 湿度 %	日曜 (第三) ℃	日曜 湿度 %
1:00						
2:00						
3:00						
4:00						
5:00						
6:00						
7:00						
8:00						
9:00						
10:00						
11:00						
12:00						
13:00						
14:00						
15:00						
16:00						
17:00						
18:00						
19:00						
20:00						
21:00						
22:00						
23:00						
24:00						

設定 戻る 中止 総て確定 下方向のコピー

図 1-19 階段室の温湿度設定条件入力画面

### (10) 階段室の室内発生条件の入力

室内取得条件

階段室の室内発生熱データの入力 単位に注意して入力してください

◆ 照明条件 照明用電力(W/m²) 5 室内放熱比率 1 ☒ LED照明 ☐ 白熱電灯 ☐ 蛍光灯

◆ 人体発熱条件 占有面積(m²/人) 15 ☐ 休息・劇場 ☐ 着席・学習 ☒ 立・座・歩行・銀行 ☐ 軽工場作業

◆ 機器発熱条件 発熱量(W/m²) 5

点灯率(%)

時間	平日 (第一)	休日/土 (第二)	日曜 (第三)
0~1			
1~2			
2~3			
3~4			
4~5			
5~6			
6~7			
7~8			
8~9	50		
9~10	100		
10~11	100		
11~12	100		
12~13	100		
13~14	100		
14~15	100		
15~16	100		
16~17	100		
17~18	100		
18~19			
19~20			
20~21			
21~22			
22~23			
23~24			

在室率(%)

時間	平日 (第一)	休日/土 (第二)	日曜 (第三)
0~1			
1~2			
2~3			
3~4			
4~5			
5~6			
6~7			
7~8			
8~9	50		
9~10	100		
10~11	100		
11~12	100		
12~13	100		
13~14	100		
14~15	100		
15~16	100		
16~17	100		
17~18	100		
18~19			
19~20			
20~21			
21~22			
22~23			
23~24			

利用率(%)

時間	平日 (第一)	休日/土 (第二)	日曜 (第三)
0~1			
1~2			
2~3			
3~4			
4~5			
5~6			
6~7			
7~8			
8~9	50		
9~10	100		
10~11	100		
11~12	100		
12~13	100		
13~14	100		
14~15	100		
15~16	100		
16~17	100		
17~18	100		
18~19			
19~20			
20~21			
21~22			
22~23			
23~24			

設定 戻る 中止 総て確定 下方向のコピー

図 1-20 階段室の室内発生条件の入力画面



## (11) 階段室の換気条件の入力

- ① 空調時には一部の循環空気が事務室から階段室を経由して空調機へ戻る設定なので、その換気を隣室（事務室）から風量を1回/h（241m<sup>3</sup>/h）とめています。

図 1-21 階段室の換気条件の入力画面

## (12) 建物データファイルと壁データファイルの更新・保存

入力が終わるとファイルを保存するかどうか訊いてくるので「はい」を押し、現れるファイル保存のダイアログボックスにファイル名を入力します。その際自動的に壁データファイルも作成されます。Sample と異なるフォルダに保存したいときは新規にフォルダを作成します。

図 1-22 入力終了のメッセージ画面

図 1-23 建物データファイルの保存

## 第2章 計算の実行とグラフ作図

### 2.1 日周期計算

#### (1) 計算条件の指定

- ① メニューの【計算実行】のサブメニュー【任意入力気象データ周期計算】を選びます。
- ② 入力画面図 2-1 が開いたら【入力ファイル指定】をクリックし、ファイルオープンダイアログボックスを開き建物データファイル「大学前ビル（1階曜日）」を選択します。
- ③ 計算日数 5 日、計算地点；東京、周囲環境；道路、発生熱・換気モード；平日モード、計算方式；負荷調整・室温計算を選択します。
- ④ 事務室（空調室）の冷房設定温度 26℃、暖房設定温度 22℃を考えて年間最高室温 30℃、年間最低室温 18℃、非空調室の階段室は最低室温を 5℃と仮定しています。
- ⑤ 【設定】ボタンをクリックすると気象データ入力画面が開きます。

図 2-1 計算条件入力画面

- ① 計算月日；8月1日、平均気温 30℃、振幅 4℃、位相遅れ 9 時、絶対湿度 19 g/kg、日射量；大気透過率 0.65 と入力します。データを「東京-冷房」と名前を付けて保存します。

図 2-2 任意入力気象データ入力画面

## 【計算仕様の解説】

- 1) 本プログラムで利用できる気象データは、
  - ①計算者が自分で整理作成する 24 時間の外気温湿度・日射量データ
  - ②空気調和・衛生工学会便覧の冷暖房設計用時刻別温湿度データ
  - ③HASP 形式の周期計算用 24 時間気象データ
  - ④HASP 形式の期間計算用気象データ
 ただし③④は本プログラムに内蔵していない。計算者は、それぞれが気象データを購入するか、使用ライセンス契約を済ませたうえで、組み込みしなければならない。
- 2) 【入力ファイル指定】をクリックしてファイル読込ダイアグラムを開き、対象建物のデータファイルを指定する。
- 3) 入力ファイル(\*\*.dat)を指定すると、自動的に同名の出力ファイル(\*\*.csv)が設定されるが、変更可能である。またコメントタイトルを記入すると出力ファイル名の後にタイトルが付加される。
- 4) 計算地点は用意されている 80 か所の中から指定する。目的の地点がない場合は近くの地点を選び、気象データのファイル名を変更する。
- 5) 日周期的計算では計算目的によって暖房か冷房を選択する。計算月日は暖房 1 月 30 日、冷房 8 月 1 日である。②空衛学会便覧周期計算の場合、札幌、仙台、新潟、東京、大阪、福岡、鹿児島、那覇について、冷房（秋口）を指定できる。計算月日は、秋口の 10 月 1 日となる。
- 6) ①②の日射量は大気透過率 P を入力して計算する。P=0 は日射無しを示す。地表面の反射率は周囲環境（裸地 0.15、道路 0.20、緑地 0.25）を指定する。また積雪量が 10cm 以上の月は 0.5 となる。
- 7) 演算時間間隔；0.5 時間以下で、予熱時間を割り切れる時間とする。
- 8) 室内発生熱・換気条件；入力時の発熱・換気入力区分によって 2 種類 5 パターンがある。
 

周期計算

  - a) 建物データファイルが「平日・休日/土曜・日曜」区分で作成されている場合、設定温湿度モードと発生熱・換気モードはペアになる。
  - b) 建物データファイルが「暖房期・冷房期・休日」区分で作成されている場合、暖房モードと発生熱・換気冬期モード、冷房モードと夏期モードはペアになる。

a) と b) いずれも最初平日モード 5 日間、計算を継続して休日モード 2 日間、さらに平日モード 5 日間のような計算が可能である。

### 曜日区分



### 季節区分

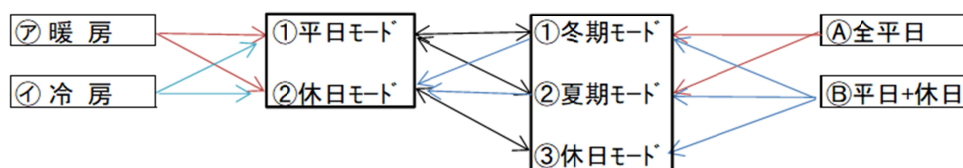


図 2-3 気象データと計算条件の組み合わせ

## 期間計算

- c) 建物データファイルが「平日・休日/土曜・日曜」区分で作成されている場合、①平日条件で年間計算する ②暦に従って室内使用条件を平日・土曜・日曜と替えて計算する。
- d) 建物データファイルが「暖房期・冷房期・休日」区分で作成されている場合、①暖冷房は平日条件で、季節によって発熱・換気モードを替えて年間計算する ②暖冷房は暦に従って平日・休日の条件で、季節によって発熱・換気モードを替えて期間計算する
- 9) 計算方式；冷房時に暖房負荷や加湿負荷が発生する（暖房時は逆）場合、そのまま計算を進め出力するか、空調を止め（室温・湿度計算に切り換え）たり、外調機の制御で負荷を調整するかを指定する。
- 「負荷調整・室温計算」とは空調機が季節により冷房または暖房に切り替える中央熱源方式を想定しており、「設定条件に忠実に計算」とは、室毎で冷房と暖房をいつでも自由に選択できる個別熱源システムを想定している。
- 10) 初期室温はデフォルトで暖房時 18℃、冷房 25℃、中間期 20℃に設定されている。

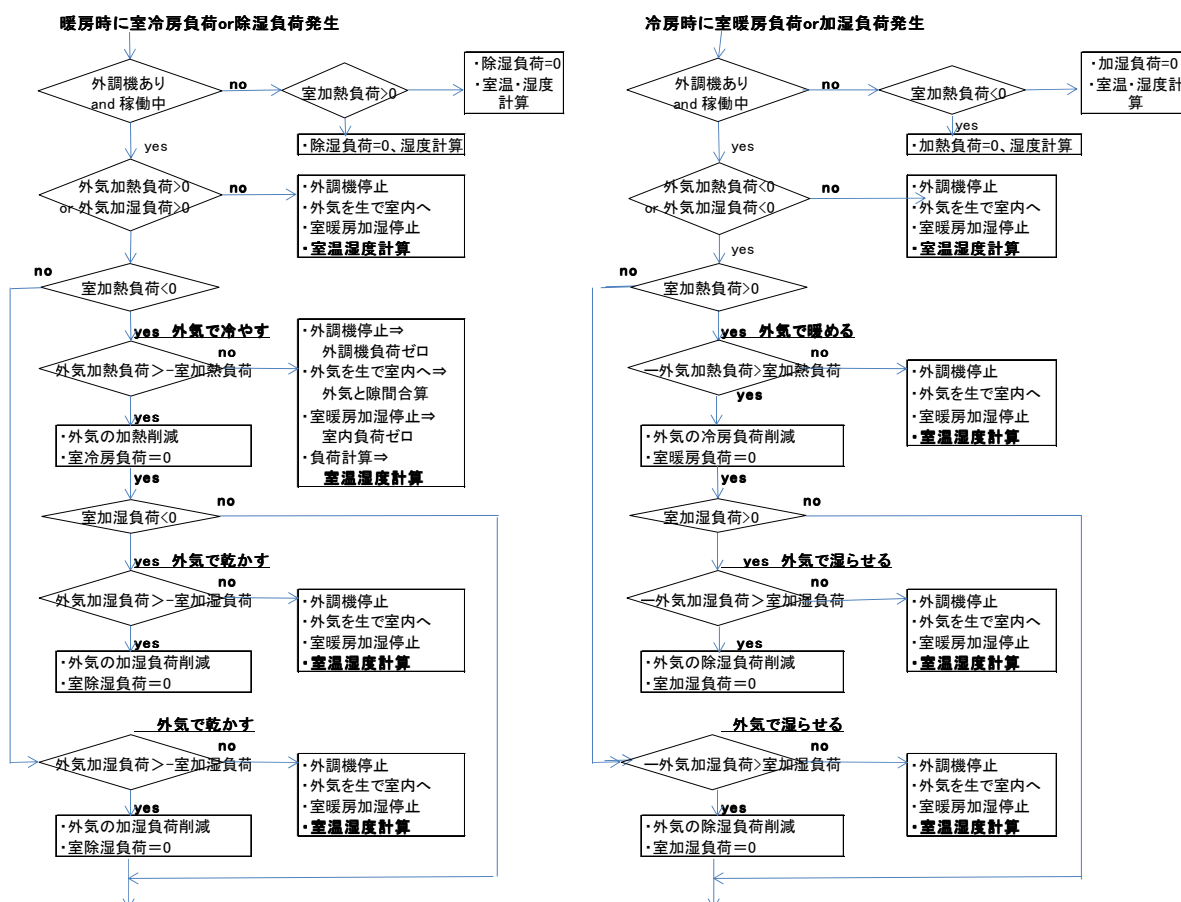


図 2-4 設定と異なる事態への対応

## 任意入力気象データの解説

- 1) 計算月日を入力すると自動的に暖房、冷房、中間期に区分けされる。
- 2) 一度作成した気象データを保存し、計算時に呼び出すことができる。
- 3) 外気温は 24 時間データを入力するか、正弦波で与える。
- 4) 外気湿度は、絶対湿度で 24 時間データを入力するか、一定値で与える。
- 5) 日射量は、大気透過率で与える。「日射・日照問題プログラム」を利用すると、水平面全天日射量を法線面日射量と水平面天空日射量に分離できる。

## (2) グラフ仕様指定

- ① グラフ描画日：1～5 日、表示室；事務、階段。表示壁；南壁、表示温度；空気室温、表示負荷の選択；室負荷・外気負荷。日射・室内発生熱内容；時間遅れ熱量を指定します。
- ② 負荷縦軸選択、温度縦軸の修正の指定は無視します。

図 2-5 グラフ仕様指定画面

### 【グラフ化の解説】

- 1) グラフの表示間隔は 1 時間単位であり、温度は直線表示になる。
- 2) 負荷は時間平均値が表示される。
- 3) 【室内負荷】を選択すると、室内顕熱負荷と室内潜熱負荷が表示される。
- 4) 【顕熱負荷+潜熱負荷】を選択すると、室内負荷と外気負荷の合計が分離されて表示される。
- 5) 取得熱表示で【負荷熱量】を選択すると、取得熱の放射成分が壁にいったん吸収され再放熱される熱量（時間遅れ）と対流分が表示される。
- 6) 【取得熱量】を選択すると、取得熱の瞬時値が表示される。
- 7) 負荷縦軸の最大値は、高負荷向け 125/m<sup>2</sup>、中負荷向け 100W/m<sup>2</sup>、低負荷向け 75W/m<sup>2</sup>である。
- 8) 中間期の縦軸範囲はデフォルトで 5～30℃、夏期の温度縦軸のそれは 15～40℃であるが、不適格な場合に 10℃修正することができる。
- 9) あとからグラフの作成する場合（【戻る】をクリックしてからグラフ化する場合）、メニューの【グラフ表示】をクリックしてグラフの作成画面を開き、【解析結果ファイル】をクリックする。ファイルオープンダイアログボックスは CSV 形式ファイルだけを表示するようになっているので、「建物データファイル」名の CSV 形式ファイルを選択する



(3) 周期計算結果

- ① 初期室温（ゼロ時）の影響はコンクリート系建物では5日以上は見込む必要があります。
- ② 計算結果はCSV形式ファイルで保存されています。

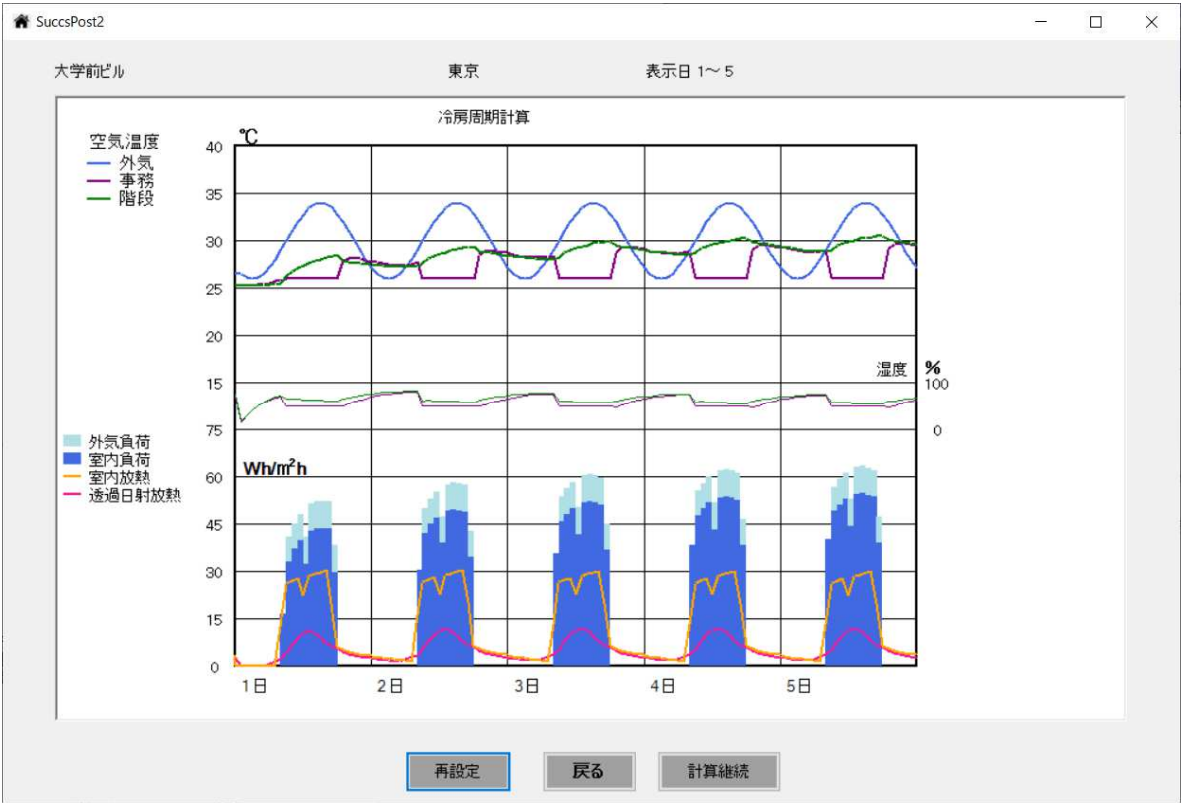


図 2-6 周期的計算結果

大学前ビル													
室数=	2	延床面積=	382.5	入力区分=	曜日	換気方式=	回転式熱	5					
東京	35.68	139.77											
表面数=	1												
予熱データ	0												
周期計算													
計算月=	8	日=	1										
室内条件=	平日モード												
計算条件=	負荷調整・再計算												
接地室数=	2												
地盤温度	23.5	20.2	17.5	17									
	外気温	日射量	絶対湿度	環境温度		空気温度		湿度(%)		壁温度	顕熱発熱(W)		
時間	℃	W/m2	g/kg	事務	階段	事務	階段	事務	階段	天井	事務	階段	
1日目	29.3	0	19	24.4	24.5	24.4	24.5	17	17	24.7	0	0	0
2	29.1	0	19	24.2	24.3	24.2	24.3	32	31	24.6	0	0	0
3	29	0	19	24.1	24.2	24.1	24.2	44	43	24.5	0	0	0
4	29.1	0	19	24	24.2	24	24.2	54	53	24.5	0	0	0
5	29.3	9	19	24	24.1	24	24.1	62	61	24.4	0	0	0
6	29.6	116	19	24	24.1	24	24.1	68	68	24.6	0	0	0
7	30	288	19	24	24	24	24.1	74	73	24.8	0	0	0
8	30.5	478	19	24.1	24	24.1	24	78	78	24.9	0	0	0
9	31	648	19	25	24.3	25.8	24.6	95	95	25.8	6671	683	
10	31.5	777	19	25.8	24.8	26	25.2	50	72	26.7	13015	1352	

図 2-7 周期的計算結果

## 2.2 期間計算の実行

年間計算用の HASP 標準気象データ（札幌）を利用した暖房計算例を示します。

- ① メニューの【計算実行】の中の【HASP 期間計算】を選びます。
- ② 【入力ファイル指定】をクリックし、ファイルオープンダイアログボックスを開き建物データファイル「大学前ビル（1 階曜日）」を選択します、
- ③ 計算期間 1/20～2/10 日、計算地点；札幌、暖冷房スケジュール；平日+休日/土曜モードを選択し、「設定」をクリックします。HASP 気象データは 2006 年（1 月 1 日が日曜）ですが、祝日（祝日 03.txt）は 2023 年の日付です。

**入力ファイル及び計算地点・気象データ**

**入力ファイル指定** C:\Users\ksuzuki\Desktop\新室温及び負荷変動解析プログラム\Success-ソースファイル\Sample\大学前ビル<1階曜日>.dat

**出力ファイル** C:\Users\ksuzuki\Desktop\新室温及び負荷変動解析プログラム\Success-ソースファイル\Sample\大学前ビル<1階曜日>.csv

タイトル  ※出力ファイル名に付加される

助走計算日数  演算時間間隔

計算地点 

札幌  
仙台  
新潟  
東京  
大阪  
福岡  
鹿児島  
那覇

 緯度  経度

暖冷房スケジュール ☐ 全平日 ☒ 平日+休日/土曜 ☐ 平日+土曜+日曜

計算方式 ☒ 負荷調整・室温計算 ☐ 設定条件に忠実に計算

出力方法選択 ☒ 時間平均・合計値 ☐ 日平均・合計値

計算月日  /  ~  /

暖房期間  /  ~  /

冷房期間  /  ~  /

周囲環境

地盤・地下

番号	接地室名称	年間最高室温(℃)	年間最低室温(℃)
1	事務	30	18
2	階段	30	5
3			

設定 戻る 中止

図 2-8 グラフ表示内容の指定フォーム(Post1)

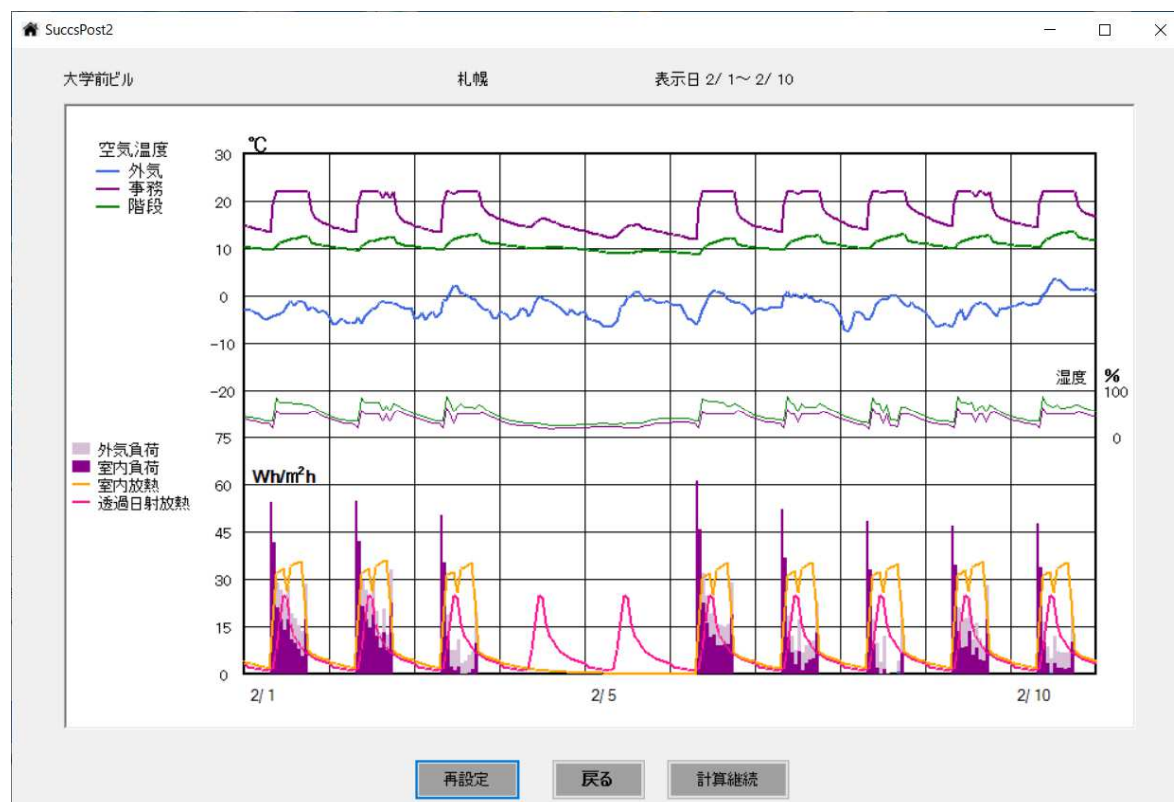


図 2-9 計算結果の表示画面



表 2-1 リストに掲載した地点の緯度、経度、積雪月数、年月平均最高温度、年月平均最低温度

地名	緯度	経度	積雪 月数	最高 気温	最低 気温	地名	緯度	経度	積雪 月数	最高 気温	最低 気温
札幌	43.05	141.33	4	26.4	-7	福井	36.05	136.68	0	31.8	0.1
仙台	38.27	140.90	0	27.9	-1.7	敦賀	35.65	136.07	0	31.5	1.5
新潟	37.92	139.05	0	30.6	0.1	長野	36.67	138.20	0	31.0	-4.1
東京	35.68	139.77	0	31.1	2.5	軽井沢	36.33	138.55	0	25.9	-8.7
大阪	34.68	135.52	0	33.4	2.8	松本	36.25	137.97	0	31.1	-5.2
福岡	33.58	130.38	0	32.1	3.5	飯田	35.52	137.83	0	31.1	-3.8
鹿児島	31.57	130.55	0	32.5	4.6	甲府	35.67	138.55	0	32.5	-2.4
那覇	26.23	127.68	0	31.8	14.6	静岡	34.97	138.40	0	30.8	1.8
						浜松	34.7	137.72	0	31.1	2.5
稚内	45.42	141.68	4	22.3	-7.1	名古屋	35.17	136.97	0	32.8	0.8
留萌	43.95	141.63	4	24.6	-7.9	高山	36.15	137.25	2	30.7	-5.1
旭川	43.77	142.37	4	26.3	-12.3	岐阜	35.4	136.77	0	33.0	0.5
網走	44.02	144.28	3	23.4	-10.1	津	34.7	136.52	0	31.2	1.9
札幌	43.05	141.33	4	26.4	-7	尾鷲	34.07	136.20	0	30.4	1.6
帯広	42.92	143.22	3	25.2	-13.7						
釧路	42.98	144.40	2	21.2	-10.4	彦根	35.27	136.25	0	31.6	1.6
根室	43.33	145.58	2	20.8	-7.6	京都	35.02	135.73	0	33.3	1.2
寿都	42.78	140.23	4	24.5	-4.9	大阪	34.68	135.52	0	33.4	2.8
浦河	42.17	142.78	0	23.0	-5.9	神戸	34.68	135.18	0	31.8	2.7
函館	41.82	140.75	2	25.8	-6.2	奈良	34.68	135.83	0	32.6	-0.2
						和歌山	34.23	135.17	0	32.4	2.6
青森	40.82	140.78	4	27.7	-3.9	潮岬	33.45	135.77	0	29.7	4.8
秋田	39.72	140.10	2	29.0	-2.5						
盛岡	39.7	141.17	2	28.3	-5.6	岡山	34.65	133.92	0	32.7	1.1
宮古	39.65	141.97	0	26.4	-3.8	広島	34.37	132.43	0	32.5	1.7
酒田	38.9	139.85	0	29.6	-1.1	西郷	36.20	133.33	0	29.8	0.9
山形	38.25	140.35	2	30.4	-3.4	松江	35.45	133.07	0	31.3	1
仙台	38.27	140.90	0	27.9	-1.7	浜田	34.90	132.07	0	30.4	2.6
福島	37.75	140.47	0	30.4	-1.8	鳥取	35.48	134.23	0	32.3	0.7
小名浜	36.95	140.90	0	27.5	-0.5	下関	33.95	130.93	0	30.9	4.5
						徳島	34.07	134.58	0	31.9	2.7
水戸	36.38	140.47	0	29.6	-2.2	高松	34.32	134.05	0	32.4	1.6
宇都宮	36.55	139.87	0	30.5	-2.7	松山	33.83	132.78	0	32.1	2.3
前橋	36.4	139.07	0	31.3	-0.8	高知	33.55	133.53	0	31.9	1.6
熊谷	36.15	139.38	0	31.9	-0.7	足摺	32.72	133.02	0	29.9	5.3
東京	35.68	139.77	0	31.1	2.5	室戸岬	33.25	134.18	0	28.7	4.8
大島	34.77	139.38	0	29.2	3.7						
八丈島	33.1	139.78	0	29.3	7.5	福岡	33.58	130.38	0	32.1	3.5
銚子	35.72	140.85	0	28.1	2.7	大分	33.23	131.62	0	31.8	2.2
横浜	35.43	139.65	0	30.6	2.3	厳原	34.20	129.30	0	29.5	2.2
						長崎	32.73	129.87	0	31.7	3.8
相川	38.02	138.25	0	29.4	1.2	福江	32.70	128.83	0	30.6	3.9
新潟	37.92	139.05	0	30.6	0.1	佐賀	33.25	130.30	0	32.5	1.3
高田	37.1	138.25	2	31.3	-1	熊本	32.82	130.72	0	33.2	1.2
富山	36.7	137.20	1	30.9	-0.3	宮崎	31.92	131.42	0	31.4	2.6
輪島	37.38	136.90	0	29.8	-0.2	鹿児島	31.57	130.55	0	32.5	4.6
金沢	36.55	136.65	0	30.9	0.7	名瀬	28.38	129.50	0	32.3	12
福井	36.05	136.68	0	31.8	0.1	那覇	26.23	127.68	0	31.8	14.6

## 2.3 気象データ

本プログラムで使用しているのは 24 時間の外気温、外気絶対湿度および、壁面日射量を算出するための法線面直達日射量と水平面天空日射量です。気象庁による法線面直達日射量と水平面天空日射量の観測は行われていないので、実際のデータをそろえるのがネックになっています。そのため水平面全天日射量の観測値を直達成分と天空成分との分離する研究が行われ、その成果のひとつが HASP 気象データです。

HASP とは 1970 年代に公益財団法人 空気調和・衛生工学会が建築空間の室温・湿度や熱負荷を計算するために開発したレスポンスファクター法による動的計算プログラムであり、現在一般社団法人 建築設備技術者協会が無償公開しています。その入力用に整理した気象データを標準気象データと呼んでいます。標準が付くのは、実データではなく、10 年程度の観測データから、月別に代表的な年を選別し、それらを接合して作成した仮想のデータであるためです。

当初は気象台の観測データをもとに整理していましたが、アメダス観測システムの運用開始に伴い株式会社 気象データシステムは、約 840 か所の「拡張アメダス気象データ (EA 気象データ)」を 10 年単位で整理し、公開販売しています。また株式会社 レスコム研究所も気象庁公表データより「全国気象データ」を作成し販売しています。

昔の大型コンピュータはカードを利用していたためにフォーマット形式は、24 時間を 1 枚のカードに納まるように 1 時間 3 カラムでした。このファイルの拡張子に has を付けたので has 形式 (空衛学会方式) とも呼んでいます。カードの足かせがとれた新しい HASP 気象データでは 1 時間 4 カラム、拡張子は hasH に変更になっています。

図 3-1 に has 形式と hasH 形式の標準気象データを示します。has 形式では先頭行がなく、hasH では地域番号・地名 (ローマ字)・緯度・経度などの情報が入っています。また has 形式は SE 単位系であり、hasH 形式は SI 単位系です。日射量の単位の基本は has 形式は  $[\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}]$ 、hasH 形式は  $[10\text{kJ}/\text{m}^2\text{h}]$  ですが、例外もあり注意が必要です。ファイル名に SE または SI の符号がついていれば区別できますが、符号がない場合は法線面直達日射量の最大値が 500 を超えているようであれば  $[\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}]$  と判断がつかます。

7 行で 1 日分であり、順に気温、絶対湿度、法線面直達日射量、水平面天空日射量。雲量または長波放射量、風向、風速です。各行の末尾端は 1~7 の番号、その左の 7 カラムが年・月・日・曜日です。

札幌.has						
1	45348645345445045546346646246246747548148849048748247547046746046846847485	0	1	101		
2	22 22 22 22 21 21 22 24 26 27 29 30 30 30 31 30 29 29 27 26 25 27 29 30 0	1	112			
3	0 0 0 0 0 0 0 2 19 12 10 7 5 10 7 17 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1	113				
4	0 0 0 0 0 0 0 2 19 41 50 53 53 48 41 26 5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1	114				
5	24 27 24 25 25 25 23 22 20 20 13 13 13 13 22 21 19 18 16 15 15 13 13 13 0	115				
6	0 0 0 0 0 2 0 6 0 16 0 0 14 14 0 14 0 0 15 5 0 0 6 13 14 0	116				
7	0 0 0 0 10 0 0 9 0 17 0 0 9 9 0 9 0 0 9 9 0 0 17 33 26 0	117				
8	483475463460462459461463467469475469465461452445443442441444447445450454	0	1	201		
9	28 27 26 23 20 18 19 20 21 20 19 18 17 17 15 14 12 14 15 17 15 14 13 0	1	222			
10	0 0 0 0 0 0 0 2 55 55287287287284 29 33 10 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1	223			
11	0 0 0 0 0 0 0 2 26 60103119122110 57 33 7 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1	224			
12	14 13 14 12 13 24 32 42 46 71 71 71 72 39 38 40 42 46 46 47 48 52 54 58 0	1	225			
13	14 14 9 0 11 14 12 0 15 13 12 12 11 12 12 13 12 12 13 14 11 11 14 0	1	226			
14	26 26 9 0 17 9 9 0 9 9 9 17 17 17 26 17 33 33 17 42 17 26 17 26 0	1	227			
15	453453456458463463467469477482487492491490488476468465453451453486482481	0	1	331		

札幌_SlhasH *						
1	* EA RY	0110	10kJ	LNR	4	460 Japan Sapporo 43036N 141197E T= 9.00 H= 17 P VH= 250
2	-28 -45 -50 -63 -71 -76 -77 -73 -63 -46 -40 -34 -28 -23 -27 -29 -49 -56 -50 -51 -47 -47 -56 -7306	1	101			
3	24 23 22 20 18 17 17 17 18 19 18 18 19 20 21 21 21 21 21 21 21 21 1906	1	112			
4	0 0 0 0 0 0 0 0 12 0 2 1 25 55 31 11 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1	113			
5	0 0 0 0 0 0 0 3 16 28 52 57 66 57 47 23 5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1	114			
6	8 8 9 9 8 8 8 8 8 9 9 9 9 9 9 10 10 10 10 11 10 11 12 12 1206	1	115			
7	14 6 6 6 6 8 11 7 16 7 8 5 5 0 4 8 14 16 10 7 13 10 9 12 506	1	116			
8	20 20 21 20 10 8 15 8 15 15 15 0 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8	1	117			
9	-70 -80 -87 -84 -80 -77 -79 -86 -73 -58 -31 -31 -35 -32 -39 -48 -61 -52 -72 -80 -80 -89 -102 -10206	1	201			
10	19 18 18 15 16 16 16 16 16 16 16 16 20 19 19 21 19 15 14 14 15 14 13 1306	1	222			
11	0 0 0 0 0 0 0 0 29 134 42 242 232 123 51 11 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1	223			
12	0 0 0 0 0 0 0 3 17 38 48 58 43 55 48 23 5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1	224			
13	12 13 14 14 15 15 16 16 24 19 24 30 20 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 1506	1	225			
14	9 8 8 9 7 11 9 8 8 5 4 15 16 16 1 7 10 10 1 5 11 1 8 806	1	226			
15	8 17 17 8 15 8 15 17 8 15 8 32 17 8 15 15 8 41 8 15 24 8 8 806	1	227			

図 2-10 has 形式と hasH 形式の気象データファイル

### 1) 任意入力 24 時間データ

利用者が 24 時間分の外気温 (°C)、絶対湿度 (g/kg)、法線面直達日射量 (W/m<sup>2</sup>) 及び水平面天空日射量 (W/m<sup>2</sup>) データを入力します。簡易的には、外気温は日平均気温と振幅を入力することによって 24 時間周期の正弦波変動値となります。日射量は大気透過率を入力することによって計算されます。

24 時間データを作成入力するには、気象庁のホームページから各地の気象台の時間毎観測値を入手します。気温は問題ありませんが、重量絶対湿度は露点温度、蒸気圧、相対湿度いずれかと気温から換算が必要です。姉妹ソフトである「日射日照問題プログラム」を利用すると水平面全天日射量の観測値を法線面直達日射量と水平面天空日射量に分離することができます。一度入力したデータに名前を付けて保存することができ、呼び出して何度でも利用できます。

### 2) 空気調和・衛生工学便覧の 24 時間データ

空気調和・衛生工学便覧 13 版 (公社 空衛学会) には「主要都市における冷暖房設計用時刻別温湿度 (8 都市)」と「日本各地の冷暖房設計用温湿度の基礎データ (80 地点)」が掲載されており、本プログラムに内蔵されています。日射量は大気透過率を指定して計算します。

主要都市とは札幌、仙台、新潟、東京、大阪、福岡、鹿児島、那覇のことで、リストの最初の 8 都市です。暖房用と冷房用 2 種類 (盛夏と秋口の太陽高度が低くなり日射受熱量が増える中間期) があり、本プログラムでは計算日を冬期暖房: 1 月 30 日、夏期冷房: 8 月 1 日、秋期冷房: 10 月 1 日としています。

主要 8 都市以降のリストにある都市は基礎データの 80 地点であり、主要都市 8 都市も含まれます。最高・最低温度に時刻別日変動率を掛け合わせるもので、暖房用と冷房用があり、秋期冷房データはありません。

### 3) 周期計算用 has 形式気象データ

年間計算用 HASP 気象データ (has フォーマット形式) の一日分のデータです。has 形式では先頭行がなく、地名・緯度・経度などの情報は「緯度経度」ファイルから読み込みます。そのために本プログラムで計算できるのは空気調和・衛生工学便覧の基礎データがある 80 地点に限定されます。has 形式気象データファイルを本プログラムに組み込むには、ファイル名を漢字の【地点名】\_W.has (冬期用)、【地点名】\_S.has (夏期用) と替え、「has-Data フォルダ」の中の「Apple フォルダ」中に貼り付けます。

尚、建築設備技術者協会の間欠空調熱負荷計算プログラム「MICRO-PEAK/2000」の全国 25 地点の気象データを利用するには「has-Data フォルダ」の中の「MicroPeak フォルダ」に地点コードのまま貼り付けます。ただし**事前に (株) 気象データシステムと使用許諾契約を結ぶ**必要があります。尚、同社は、より充実した hasH フォーマット形式の空調設計用気象データを無償公開しているので、それを利用の方が便利です。

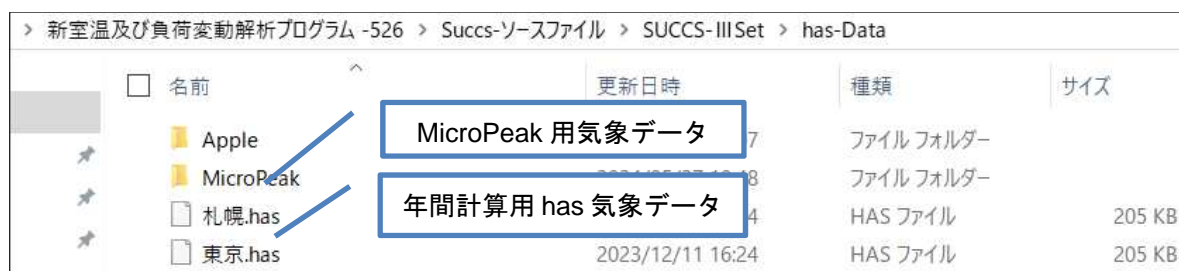


図 2-11 has-Data フォルダ

### 4) 周期計算用 hasH 形式気象データ

年間計算用 HASP 気象データ (hasH フォーマット形式) の一日分のデータです。熱負荷が気象要素の複雑な組み合わせに関わることから、設計用 EA 気象データは冷房用 5 種類、暖房用 6

種類作られています。本プログラムではそのうち C 10（盛夏蒸暑日）、C 20（盛夏炎暑日）、C 31（秋口快晴日）、H 12（厳寒晴天日）、H 22（厳寒曇天日）の 5 種類に対応させています。

（株）気象データシステムのホームページから使用許可契約に同意の上、設計用 EA 気象データをダウンロードすると、一括で 11 タイプの気象データファイルを含んだ「地点番号とローマ字書き地名のフォルダ」ができます。本プログラムに組み込むには、そのまま「hasH-Data フォルダ」に貼り付けます。

手持ちの hasH 形式気象データファイルを本プログラムに組み込むにはデータ内容を調査して漢字の【地点名】\_C1.hasH（盛夏蒸暑日）、\_C2.hasH（盛夏炎暑日）、\_C3.hasH（秋口快晴日）、\_H1.hasH（厳寒快晴日）、\_H2.hasH（厳寒曇天日）と名付け、「Orange フォルダ」の中に貼り付けます。

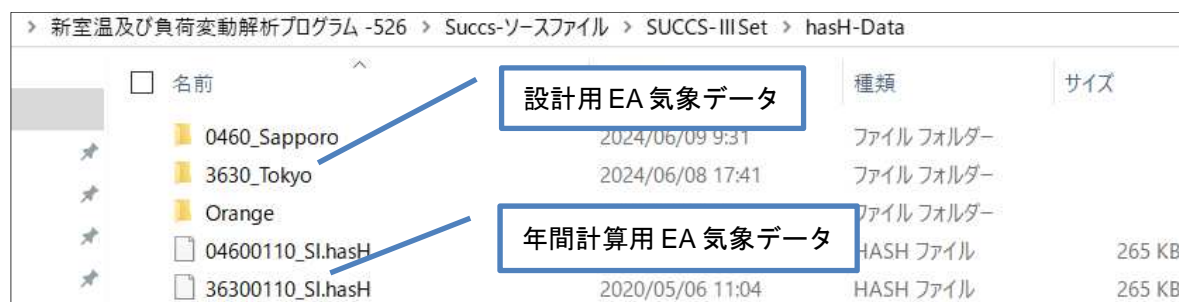


図 2-12 hasH-Data フォルダ

#### 5) has 形式年間気象データ

旧い HASP フォーマット形式（先頭行なし、3 カラム、SE 単位）の年間気象データは、「has-Data フォルダ」に直に貼り付けます。地名・緯度・経度などの情報は「緯度経度」テキストファイルから読み込みます。ファイル名が地点番号やローマ字地名の場合は【漢字の地点名】に替える必要があります。

レスコム研究所の気象データを利用するときは、先頭行をカットし、拡張子を txt から has に替えます。

#### 6) hasH 形式年間気象データ

（株）気象データシステムから購入あるいはライセンス契約した「EA 気象データ」（先頭行あり、4 カラム、Si 単位）は、「hasH-Data フォルダ」にそのまま貼り付けます。

尚、建築設備技術者協会のプログラム HASP のサンプル気象データ（札幌、東京、那覇）を使用する場合は（株）気象データシステムとライセンス契約する必要があります

株式会社 気象データシステム（MetDS）

<https://metds.co.jp/>

E-mail : [ea@metds.co.jp](mailto:ea@metds.co.jp)

〒891-3101

鹿児島県西之表市西之表 10031

株式会社レスコム研究所

〒277-0841

千葉県柏市あけぼの 4-3-1

レジデンシャルスター 柏 202

Tel.04-7143-6384



## 第3章 プログラムの詳細

### 3.1 プログラムの仕様

- ・ 計算室最大 20 室（増やすことは可能）
- ・ 大型建物、住宅いずれにも対応可能
- ・ 計算種類 24 時間気象データによる**日周期計算**と HASP 型標準気象データによる**期間計算**
- ・ 壁体非定常伝熱計算法；逐次積分熱流法
- ・ 室内相互放射近似法；Environmental Temperature 法
- ・ 室温勾配、熱負荷連立方程式の解法；Gauss の消去法
- ・ 単位応答計算：4 端子行列法（松尾陽、新建築学大系 10・熱の Basic プログラムを変更）
- ・ 壁材料データ；90 種類（空気調和衛生工学会その他）
- ・ 窓の光・熱性能データ：窓フレームの影響考慮 JIS 準拠
- ・ データ間隔：1 時間 結果出力間隔：1 時間平均値
- ・ 演算時間間隔  $\Delta t=0.5$  時間以下、予冷/予熱時間は任意
- ・ 透過日射：指定受照面に一旦吸熱してから再放熱（時間遅れ）
- ・ 室内発生熱：対流分と放射分に分割し、放射分は一旦床に吸熱してから再放熱（時間遅れ）
- ・ 人体発熱：活動内容と室温の関数
- ・ 気象要素：外気温、絶対湿度、日射量
- ・ 地表反射率：周辺環境により裸地 0.15、道路 0.2、草地 0.25 を選択  
日最深積雪 10cm 以上の日数が 50%以上の月は 0.5
- ・ 室内熱容量：空気 30%と 20mm 厚合板の蓄熱応答 70%、比率変更可能
- ・ 予熱（予冷）時間：任意、予熱時の室温：予熱開始～終了間を 3 次式による温度指定
- ・ 湿度計算：壁体内及び壁表面の湿気移動は考慮していない
- ・ 取入外気負荷：取入外気を設定した温湿度に調整するために必要な外気負荷を計算
- ・ 計算結果；加熱・加湿側プラスとして CSV 形式ファイルで出力

### 3.2 床下地盤・地下室の扱い方；地中温度

地盤に接する床や地下室壁を通過する熱流を計算するには、室内と外気との間の地盤の単位応答を 2 次元・3 次元熱伝導解析で求めれば一般外壁と同じ扱いをすることができます。しかし周期的定常計算に対して、定常に達するまで長い時間が必要な大きな熱容量を扱うのは合理的ではありません。本プログラムでは半無限固体の周期的熱伝導の理論解を利用して床下や地下室壁近傍の地中温度を求め、1 次元の地盤壁を通過する熱流を計算しています。

地中温度は外気温や日射の影響を受けて日周期的変動と年周期的変動します。また建物付近の地盤の温度は、接する部屋の温度の影響を大きく受けています。外気温や室温の日変化が地盤に及ぼす深さは、地質にもよりますが 0.5m 以内であり、地表面や床面から 0.5m 以上離れた地中温度の日変化は無視できます。2 次元熱伝導解析プログラムの計算値を基に地中温度  $\theta_x(t)$  を単層の半無限固体の周期的熱伝導理論解（下式；建築計画原論Ⅱ、渡辺要、丸善）を使って求める方法を検討します。

気温  $\theta = \theta_m + \theta_a \cos \omega t$  と与えられているとき、地盤表面温の振幅が  $\eta$  倍、位相が  $\varepsilon$  遅れるものとして

$$\theta_x(t) = \theta_m + \eta e^{-Ax} \theta_a \cos[\omega t - \varepsilon - Ax] \quad \cdots (3.1)$$

$$\eta = 1 / \sqrt{1 + 2/h\sqrt{A} + 2(A/h)^2} \quad \cdots (3.2)$$

$$\varepsilon = \tan^{-1}[(A/h)/(1 + (A/h))] \quad \cdots (3.3)$$

$$\text{ただし } A = \sqrt{\pi/at_0} \quad (\sqrt{\omega/2a})$$

$$h = \alpha/\lambda$$

ここに

- $\alpha$  ; 表面熱伝達率 ( $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ )
- $\lambda$  ; 地盤土壌の熱伝導率 ( $\text{W}/\text{mK}$ )
- $a$  ; 地盤の温度伝播率 ( $\text{m}^2/\text{h}$ )
- $t_0$  ; 周期 8760 時間

#### (1) 床面の分割と代表地中温度

0.5m厚の地盤の単位応答の最小指数項が2%まで減衰するのに必要な時間は、100 時間程度ですが、1m 厚になると 400 時間以上になります。本プログラムでは床面や地下室壁から 0.5m 離れた地点の地盤温度を扱います。

図 3-1 に床巾 5m、外部巾 10m、深さ 10m の計算モデルを示します。基礎断熱の深さは.5m とします。図 3-2 に基礎断熱のない砂質地盤に対して室内側 10℃、外気側 0℃を与えた時の地中温度分布を示します。室内屋外の境目を中心に等温度線が広がっています、図 3-3 に発泡ポリスチレン第3種 50mm と 100mm の2種類の基礎断熱モデルを加えて床下深さ 0.5m の地中温度を示します。中心軸から 4m まで基礎断熱の有無による温度差はほとんどありません。

図 3-4 に基礎断熱のない場合の床表面熱伝達熱流と床表面～0.5m 深さの下向き熱伝導熱流を示します。軸中心から 4.5m を超えると急に両者の乖離が大きくなり、4.8m を超えると下向き熱伝導熱流は減少します。つまり回り込みの熱流が大きい基礎部のみ 2 次元熱伝導解析で求めた単位応答を使用すればよいことを示しています。図 3-5 に基礎断熱 25mm の表面熱伝達熱流と下向き熱伝導熱流を示します。基礎断熱がある場合は両者の乖離は小さく、基礎部も 1 次元伝熱で扱うことが可能です。

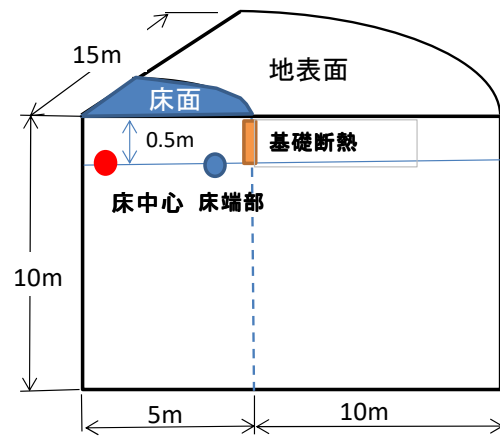


図 3-1 円筒座標計算モデル

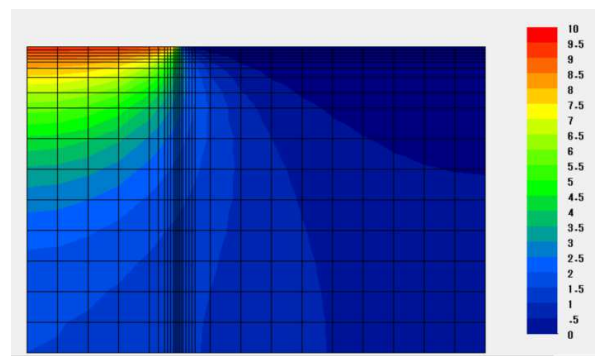


図 3-2 等温線図

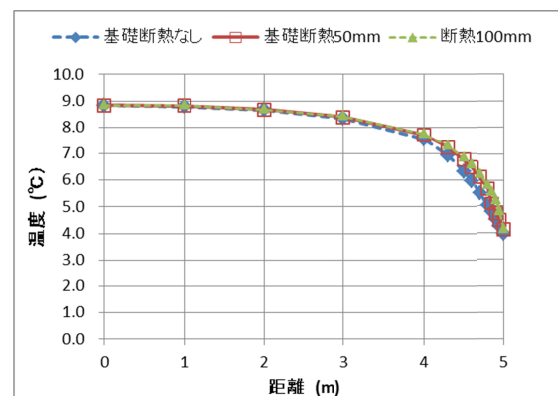


図 3-3 床下深さ 0.5m の地中温度

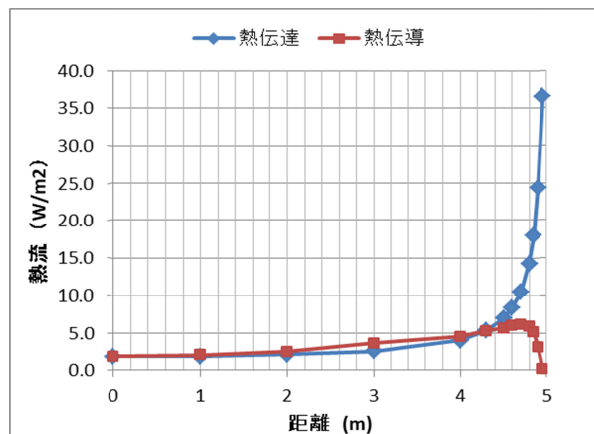


図 3-4 表面熱伝達熱流と下向き熱伝導熱流 (基礎断熱なし)

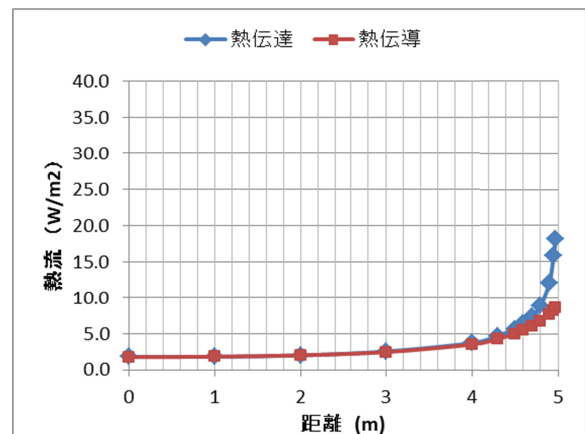


図 3-5 表面熱伝達熱流と下向き熱伝導熱流 (基礎断熱 25mm)

従って、基礎断熱がない場合は床面を床端部からの距離によって 1 次元伝熱で扱う**床中心部**（1m 以上）と**床端部**（.3～1m）、そして 2 次元伝熱で扱う**基礎部**（0～0.3m）の 3 つに分割し、基礎断熱がある場合は基礎部と床端部を一つにして 2 分割します。

床中心部と床端部の熱流量をそれぞれの面積で割って平均温度を求めると、床中心部では **3m** 地点（床端から 2m）の温度、床近傍部は基礎断熱なしのとき **4.6m** 地点、基礎断熱 25mm のとき **4.85m**、基礎断熱 50mm のとき **4.75m**、基礎断熱 100mm のとき **4.6m** の温度に最も近いことが判り、各部の代表点とします。

## （2）床下地盤温度の計算式

計算モデルに対して、寒冷地を想定した平均外気温 10℃振幅 17℃、平均室温 24℃振幅 6℃の年変動を与え、円筒座標 2 次元熱伝導周期的変動解析をします。

図 3-6 に、10 年目の 8/1 から 1 年間の深さ 0.5m の床中心（中心軸から 3m 位置）の温度計算結果を示します。また図 3-7 に床端部（4.6m～4.85m 位置）の温度計算結果を示します、図には深さ 0.5m 地点の半無限固体理論値を合わせて示していますが、床下中心部の温度は室温変動による半無限固体理論値によく似ています。床端部は外気温の影響が大きく、外気側の深さ 0.5m 地点の半無限固体理論値に近づき、基礎断熱の影響も強まります。

そこで、温暖地を想定した平均外気温 17℃振幅 14℃、平均室温 24℃振幅 4℃の計算結果を加えて、室温変動と外気温変動の半無限固体理論値と基礎断熱の熱抵抗値とを説明変数、2 次元熱伝導周期的解析値を目的変数とする重回帰分析を行い、決定係数 0.99 以上の精度で回帰係数を得ます。

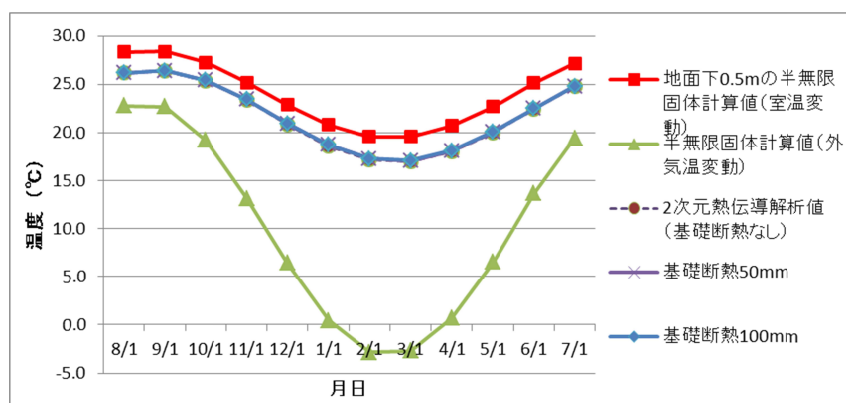


図 3-6 床中心部深さ 0.5m の地盤温度の年変動

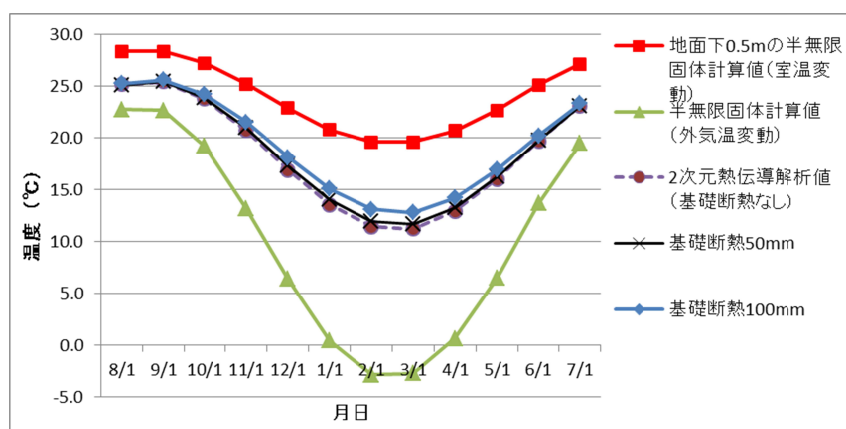


図 3-7 床端部深さ 0.5m の地盤温度の年変動

①床中心部  $\theta_c = 4.74 + 0.43\theta_r + 0.36\theta_o$  --- (3.4)

②床端部  $\theta_e = 4.42 + 0.18 \frac{t}{\lambda} + 0.43\theta_r + 0.36\theta_o$  --- (3.5)



ここに

$\theta_r$  : 室内側地盤深さ 0.5m の温度 (°C)

$\theta_o$  : 外気側地盤深さ 0.5m の温度 (°C)

$t$  : 基礎断熱の厚み (m)

$\lambda$  : 基礎断熱の熱伝導率 (W/mK)

③基礎断熱のない基礎部については、2次元熱伝導解析プログラムにより単位応答を求め、外壁と同様に扱います。代表的な地盤については計算済で壁のデータファイルに収めています。

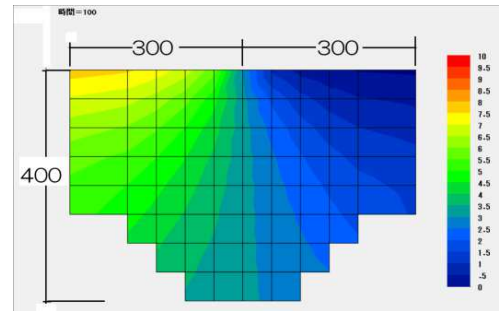


図 3-8 基礎部の計算モデル

### (3) 地下室近傍の地中温度の計算式

図 3-9 に床巾 5m、外部巾 10m、地下室深さ 6m の計算モデルを示します。図 3-10 に計算モデルに対して室内側 10°C、外気側 0°Cを与えた時の地中温度分布を示します。床下地盤温度はほぼ均一ですが、地下室壁の上下の 2 つの境界で等温線が広がります。

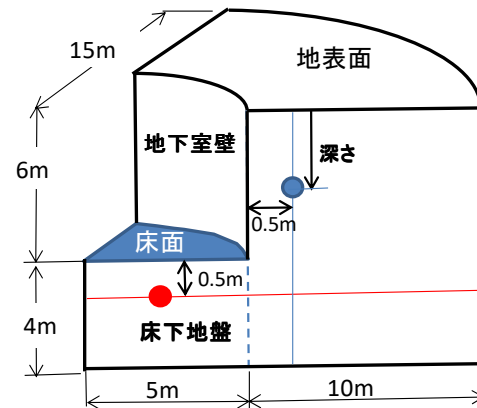


図 3.9 地下室計算モデル

図 3-11 に床表面熱伝達熱流と表面～0.5m 深さの下向き熱伝導熱流を示します。中心から 4m まで（床端から 1m 以上室内側）まで両者は一致しており、床全体を 1 次元伝熱で扱うことが可能です。代表点を求めるために熱伝達熱流量を床面積で割って平均温度を求めると、4.5m 地点温度に近いことが判ります。地下壁近傍については高さ方向毎の温度を求めることになります。

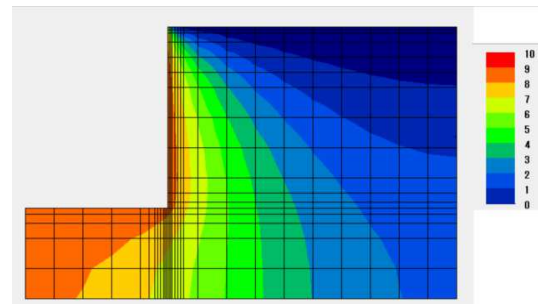


図 3-10 等温線図

計算モデルに対して、8/1 をピークとする平均室温 24°C 振幅 6°C、平均外気温 10°C 振幅 17°C の年変動を与え、円筒座標 2 次元熱伝導周期的解析をします。

図 3-12 に、10 年目の 8/1 から 1 年間の床下深さ 0.5m 中心軸から 4.5m 位置の温度計算結果を示します。地下室温の影響が強く、室温変動の半無限固体理論解（深さ 0.5m）と様子が似通っています。そこで理論解値を説明変数、2 次元熱伝導周期的解析値を目的変数とする重回分析をし、決定係数 0.99 で回帰係数を得ます。

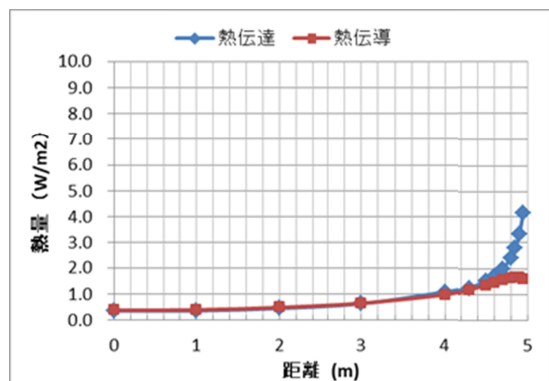


図 3-11 地下室床面熱伝達流と熱伝導熱流

図 3-13 に地下室壁から 0.5m 深さ 2m と 6m 位置の温度計算結果を示します。地下室壁近傍の地盤温度は、断熱があると室温よりも外気温の影響が強く、断熱がない場合と様子が異なります。また、室温変動と 1～2 か月の遅れ時間が生じて、外気側深さ 2m 位置の理論解値に似通っています。そこで、壁の断熱有無により分けて、地中深さ、壁断熱の熱抵抗、室温変動と外気温変動の半無限固体理論解値（深さ 2m）を説明変数、2 次元熱伝導周期的解析値を目的変数とする重回分析を行い、決定係数 0.95 以上で回帰係数を得ます。尚、地下室壁近傍の地中温度の重回分析には、通常の説明変数の一次式では誤差が大きいのので、説明変数の平方根や変数同士の組み合わせによる多種類の複合因子を使用できる黒田氏の高精度重回分析プログラムを利用しています。

①地下室床下地盤  $\theta_f = 7.55 + 0.60\theta_r + 0.086\theta_o$  --- (3.6)

②断熱なし地下室壁近傍

$$\theta_w = 20.5 + 13.7\ln(d) + 0.319\frac{\theta_o}{d} - 316\frac{1}{d \times \theta_r} + 0.0106\frac{\theta_r^2}{d} \quad \text{--- (3.7)}$$

③断熱あり地下室壁近傍地下室壁：

$$\theta_w = 20.9 + 0.078\theta_r \times \theta_o - 492\frac{1}{d \times \theta_r} + 1.58\frac{\theta_o}{d^2} + 0.0356\frac{\theta_r}{(t/\lambda)^2} \quad \text{--- (3.8)}$$

ここに

$\theta_r$ ：室内側地盤深さ 0.5m の温度 (°C)

$\theta_o$ ：外気側地盤深さ 2.0m の温度 (°C)

$d$ ：深さ (m)

$t$ ：地下室断熱の厚み (m)

$\lambda$ ：地下室断熱の熱伝導率 (W/mK)

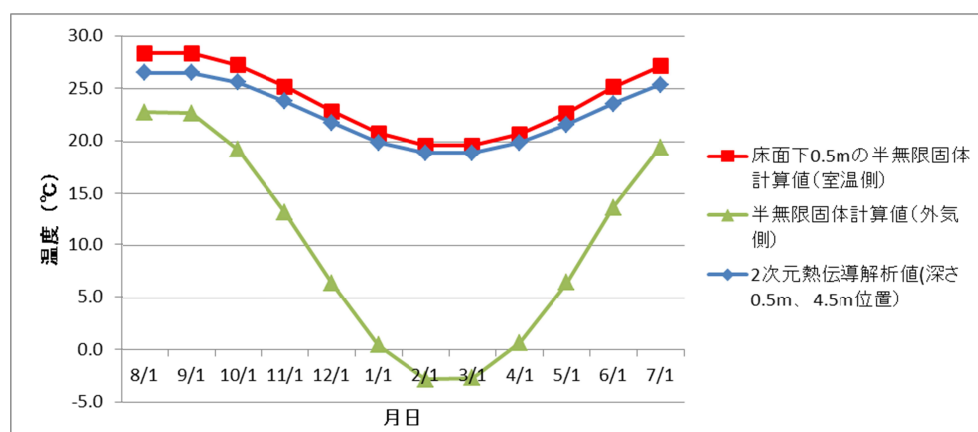


図 3-12 地下室床面深さ 0.5m の 2 次元熱伝導解析解と半無限固体理論解

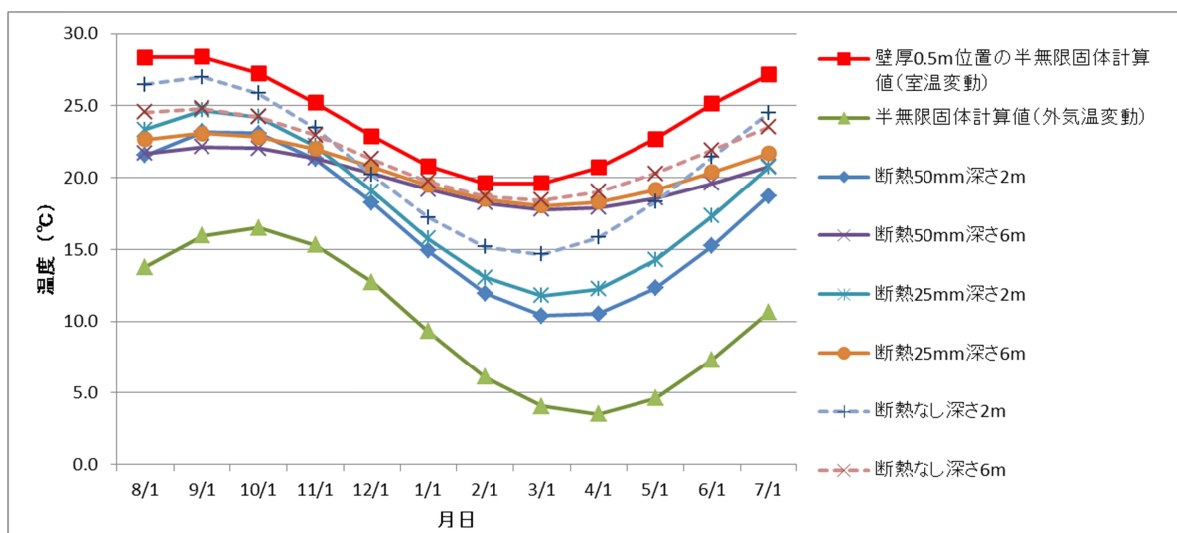


図 3-13 地下室壁近傍の地中温度 2 次元解値と半無限固体理論解 (外気側深さ 2m)

### (3) 実際のデータの与え方

外気温の年最高気温と最低気温は、理化年表にある日最高気温の 8 月平年値と日最低気温の 1 月平年値をプログラム内に内蔵しており、計算時に地点を指定すると呼び出されるようになっています。地盤に接する室の年最高・最低室温は建物の保温性能によりますが、設定室温より  $\pm 5^\circ\text{C}$  程度をみればよいでしょう。厳密に計算するには、室温を仮定して暖房と冷房の周期計算を実行し温度を入れ替えします。

### 3.3 太陽位置と日射量の計算

1) m月n日の1月1日からの通算日数：n<sub>day</sub>

$$n_{day} = 30 \text{Int}(m - 1) + \text{Int}\left(\left(m + \text{int}\left(\frac{m}{8}\right)\right)/2\right) - \text{Int}\left(\frac{m + 7}{10}\right) + n \quad \dots (3.9)$$

2) 太陽赤緯：delta 石野の式

$$\delta = 0.362 - 23.25 \cos(w + 0.153) - 0.337 \cos(2w + 0.207) - 0.185 \cos(3w + 0.62) \quad [^\circ] \quad \dots (3.10)$$

ただし

$$w = \frac{2\pi}{366} \times n_{day} \quad \dots (3.11)$$

3) 太陽-地球距離（公転動径）：radius 石野の式

$$\begin{aligned} radius &= 1.0001 \\ &- 0.016753 \cos(w - 0.055963) \\ &- 0.000115 \cos(2w - 0.16368) + 0.000006 \cos(3w - 0.199371) \quad \dots (3.12) \end{aligned}$$

4) 均時差：ε 石野の式

$$\begin{aligned} \varepsilon &= -0.00418 + 1.8416 \cos(w + 1.49831) \\ &- 2.48195 \cos(2w - 1.2615) - 0.0803101 \cos(3w - 1.1571) \quad [\text{分}] \quad \dots (3.13) \end{aligned}$$

5) 法線面直達日射量の計算式（Bouguer 式）

$$D_n = \frac{1366}{radius^2} \times P^{\frac{1}{\sin h}} \quad \dots (3.14)$$

6) 天空日射量の計算式（永田の式）

$$Sh = \frac{1366}{radius^2} (0.66 - 0.32 \sin h) \times (0.5 + (0.4 - 0.3P) \sin h) \sin h \left(1 - P^{\frac{1}{\sin h}}\right) \quad \dots (3.15)$$

### 3.4 外壁に当たる日射の扱い

外壁に吸収された日射熱はその表面温度を高め、壁体を通して熱伝導により室内に流入します。

いま、壁体表面の日射吸収率を $a$ 、日射受熱量を $J$ 、外表面熱伝達率を $\alpha_o$ として、日射の等価気温 $\theta_e$ は

$$\theta_e = \frac{a \times J}{\alpha_o} \quad \dots (3.16)$$

となります。

本プログラムでは、外気温による伝熱壁と

等価気温による伝熱壁を別々に扱うために、同じコードの外壁を一つ増やし、一般室に加えて外壁方位ごとに等価気温室を最大 12 個用意しています。

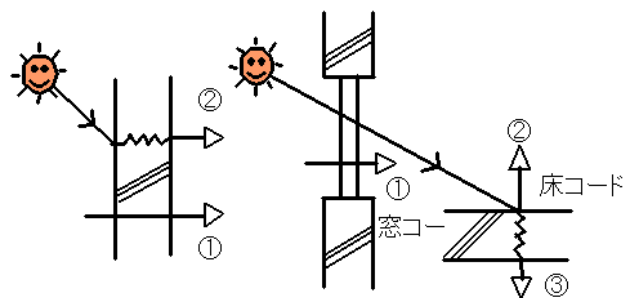


図 3-14 日射熱の扱い

### 3.5 窓からの日射熱

窓ガラスに当たった日射の一部はガラスに吸収されて、ガラスの内外の熱抵抗に反比例する配分で放散されます。日射受熱量に対して透過した日射量に再放熱分を加えた比率が日射取得率です。本プログラムでは日射取得率を用いて室内取得熱を計算し、全量が一瞬床に吸収され、時間遅れて再放熱するとして扱っています。そのために窓ごとに日射受熱量の室を用意しています。

### 3.6 日除けの影と日当たり率

窓に当たる日射に関して図 3-8 に示すような「水平庇」と窓両端から突き出た「袖壁」の影響

を考慮しています。尚、窓のみで壁への影響は考慮していません。

影の形状は太陽の移動にしたがって変化するので、日除けの先端の影の位置と、影が窓枠を横切る点を指標に場合分けします。

窓から見た太陽の方位角 $(A - A_v)$ とすると、窓面の見かけの太陽高度 $\tan \varphi = \tan h / \cos(A - A_v)$ であるので水平日除けの先端の影の位置（図 3-9 の赤丸）は、日除けの出を  $Eav$ とすると

$$Xsd = Eav \times \tan(A - A_v) \quad \dots (3.17)$$

$$Ysd = Eav \times \tan h / \cos(A - A_v) \quad \dots (3.18)$$

と求められます。

影が窓の高さの位置を横切る位置(青丸)は、

$$Xsu = Hea \frac{Xsd}{Ysd} = Hea \times \sin(A - A_v) / \tan h \quad \dots (3.19)$$

水平庇と袖壁の交点の縦方向の長さは

$$Ysu = (Wid + Xwi) \times \tanh / \sin(A - A_v) \quad \dots (3.20)$$

赤丸と青丸の位置によって図 10 のように場合分けをして日当たり面積を計算し、日当たり率を求めます。

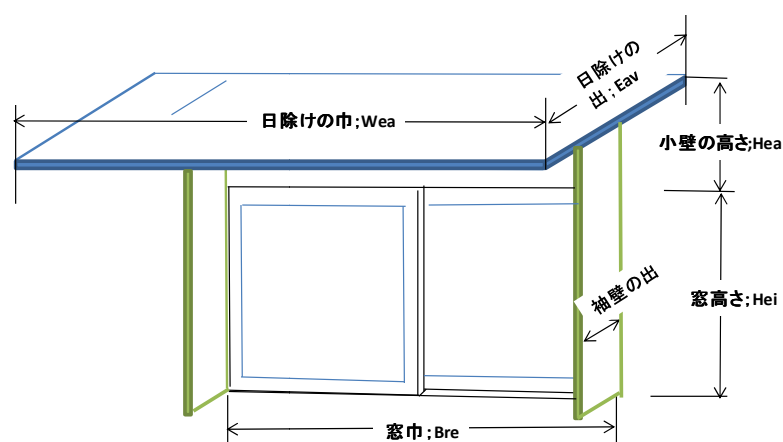


図 3-15 水平庇と袖壁

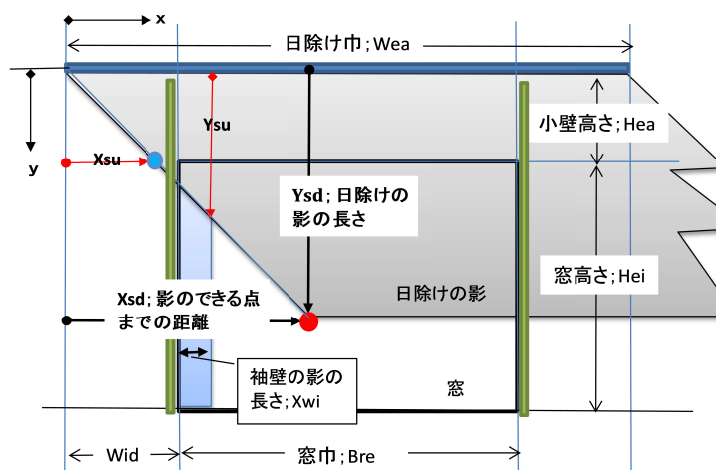


図 3-16 影の先端位置と記号

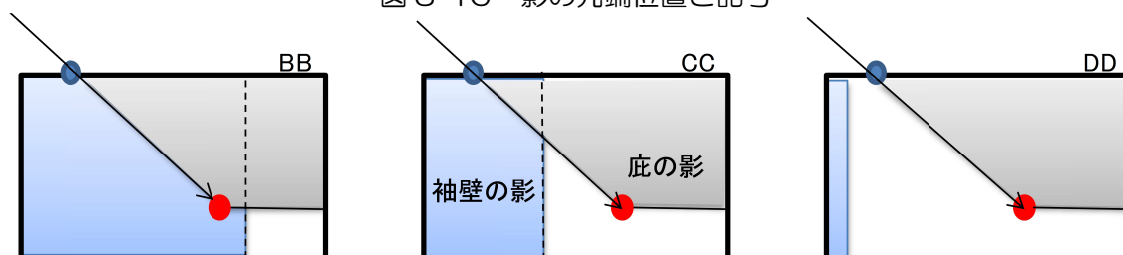


図 3-17 窓面に水平庇の先端の影ができる場合

### 3.7 予熱時の室温上昇曲線

予熱時の室温は直線変化ではなく、予熱終了時に極大値と変曲点となるような時間の3次式を指定して予熱負荷を求めています。予熱時間長さを  $x_0$ 、予熱終了時の室温（設定室温） $T_0$ 、予熱開始時の室温  $C_0$  とし、予熱時間中の温度  $C$  を「予熱終了までの時間  $x$ 」の3次式で表します。

3 次式  $C = a \times x^3 + b \quad \cdots (3.21)$

予熱終了時  $x=0$

$$b = T_0 \quad \dots \quad (3.22)$$

予熱開始時  $x=x_0$

$$C_0 = a \times x_0^3 + b \quad \cdots (3.23)$$

$$a = (C_0 - T_0) \div x_0^3 \quad \dots \quad (3.24)$$

故に

$$C = \frac{(C_0 - T_0)}{x_0^3} \times x^3 + T_0 \dots (3.25)$$

本プログラムは 1 時間ごとに設定条件データを読み込んで  
いることから予熱時の室温を決める具体的なアルゴリズムは  
次のようになります。

k時刻の設定温度を読み込んだときに、k 又は k-1 時刻の設定温度が 1 以下である場合、k-1～k 時間に予熱が始まるか、予熱中であることを示しています。予熱 k 時刻以降設定室温になるまでの予熱時間を求めます。また k-1 時刻間以前のブランクになるまでの時間 j（予熱開始後の時間）と予熱時間を求めます。前後の予熱時間を合計すると予熱時間長さ  $x_0$  が求まります。

予熱時間長さ  $x_0$  を切り上げて整数化した時間を  $i$  時間、 $k-1$  時刻間以前のブランクになるまでの時間  $j$  とします。

時刻  $(k-1+i-j)$  は  $k$  によらない一定値で、予熱終了時の時間を示します。

したがって  $T_0$  は、

$$T_0 = T_{k-1+i-j} \quad \cdots \quad (3.26)$$

時刻  $(k-1-j)$  は予熱開始時刻を切り下げた時刻で、室温は計算済みであり、 $C_0$  とします。

$$C_0 = C_{k-1-i} \quad \dots \quad (3.27)$$

「予熱終了までの時間」 $x$ は、1 時間を演算時間間隔  $dt$  で分割した  $n$  番目のとき

$$\chi = i - j - n \times dt \quad \cdots (3.28)$$

予熱時の室温は

$$C_{k-1+n \times dt} = (C_{k-1-j} - T_{k-1+i-j}) \times (i-j-n \times dt)^3 \div x_0^3 + T_{k-1+i-j} \dots (3.29)$$

尚、本プログラムのグラフ描画では直線変化していますが、予熱時間 1 時間以下の場合も 3 次式の室温上昇を利用しています。

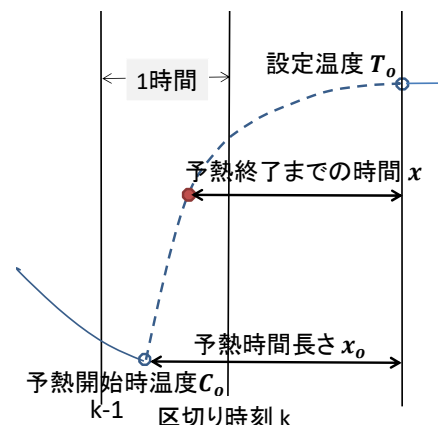


図 3-18 予熱時の時間と温度

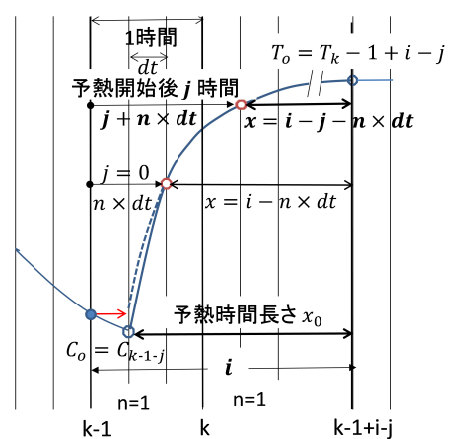


図 3-19 予熱時間の時間算定

### 3.8 作業程度別人体初熱量

本プログラムでは空気調和・衛生工学便覧の作用温度別人体発熱熱量（石野・郡・佐藤）を直線近似し、作用温度の 1 次式に Environmental Temp.を当てはめて人体発熱量を算出しています。なお、低温になると潜熱発熱がマイナスになりますが、最小値を 10W/人とし、代謝量（顕熱と潜熱の和）は一定であることから顕熱発熱量の最大値を表 3-3 のように定めています。



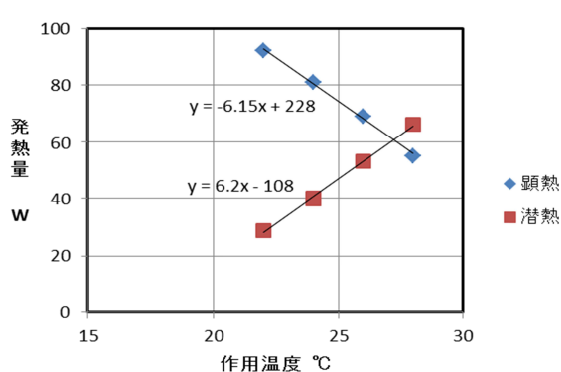


図 3-20 夏期の事務作業

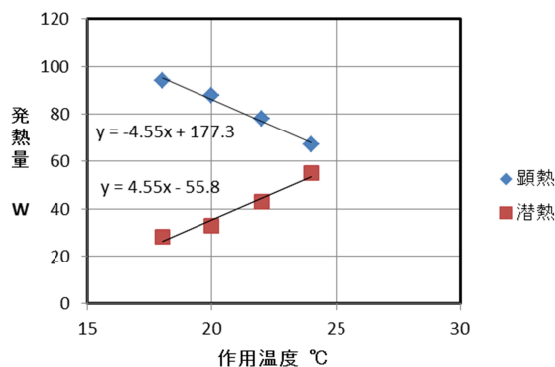


図 3-21 冬期の事務作業

表 3-1 人体発熱の 1 次近似式の係数と定数

	作業内容	顕熱 係数	顕熱 定数	潜熱 係数	潜熱 定数
冬期	休息、劇場	-3.15	140	2.05	-17
	着席、学習	-4.25	170	4.20	-52
	事務・軽歩行	-4.55	177	4.55	-56
	立・座・歩行、銀行	-5.36	198	5.45	-61
	軽工場作業	-6.00	226	6.05	-19
夏期	休息、劇場	-4.36	175	4.10	-71
	着席、学習	-5.60	213	5.75	-100
	事務・軽歩行	-6.15	228	6.20	-108
	立・座・歩行、銀行	-6.70	246	6.45	-100
	軽工場作業	-7.50	281	7.55	-75
中間期	休息、劇場	-2.05	119	2.95	-40
	着席、学習	-5.10	194	4.80	-71
	事務・軽歩行	-5.25	199	5.25	-78
	立・座・歩行、銀行	-5.95	219	5.70	-74
	軽工場作業	-6.60	249	6.55	-40

表 3-2 顕熱最大発熱量

作業内容	顕熱最大値(W)
休息、劇場	80
着席、学習	100
事務・軽歩行	110
立・座・歩行、銀行	120
軽工場作業	190

### 3.9 壁体の単位応答の種類と家具などの熱容量の扱い

非定常伝熱計算の基礎となる壁の単位応答の計算にはラプラス変換の助けをかりて厳密に解く松尾のコンピュータプログラム（新建築学大系 10・熱 彰国社）が公開されているので本プログラムではそれを利用しています。また 2 次元熱伝導解析から単位応答を求めるには単位応答の指数を固定して定めた時間の熱流から係数の一次方程式を立てて解く方法を利用しています。

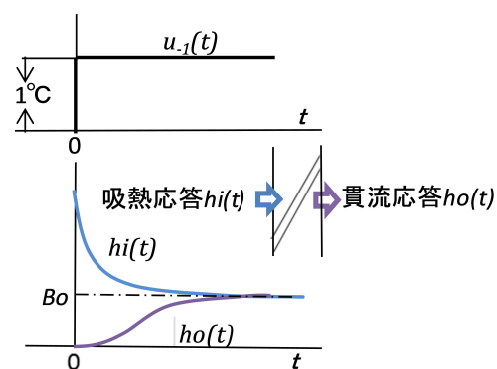


図 3-22 単位応答

#### (1) 一般隣接室の境界壁

対象とする室（自室）側の吸熱応答と自室の温度変動を式(4.14)に適用すると壁表面の流出熱の強さが求まり、隣室側の貫流単位応答と隣室の温度変動を式(4.14)に適用すると対象室への流入熱の強さが求まります。貫流応答の性質として壁構成が非対称でもいずれ側の励振も同じ値になるので、隣室側からの貫流応答を求める必要はありません。

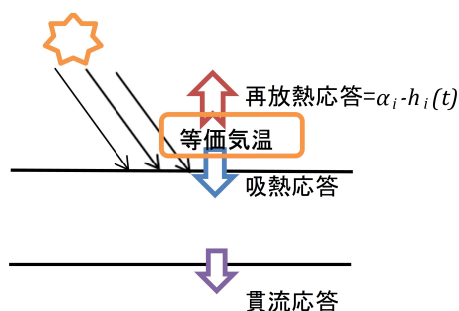


図 3-23 等価気温



## (2) 放射を一旦吸収する壁

窓を透過した日射熱や照明発熱などをすぐに室内負荷にするのではなく、一旦壁に吸収させ再放熱として時間遅れ扱いします。そのためには日射量などを熱伝達率で割って等価気温に変換し、室内側への再放熱応答を使います。

$$\text{再放熱応答 } h_{io}(t) = \alpha_i - h_i(t) \quad \dots (3.30)$$

ここに、 $\alpha_i$ は室内熱伝達率です。

## (3) 隣接室＝自室の内壁

熱容量として働く室内の間仕切り壁や柱および床下地盤面、隣接室が同じ室温変動するビル基準階の天井・床などについては壁の両側を同時に励振する吸熱単位応答を求める必要があります。単位応答計算プログラムを利用する場合には、片側励振の単位応答を重ね合わせることで求めます。即ち、

$$\text{蓄熱応答 } h_i(t) = h_i(t) - h_o(t) \quad \dots (3.31)$$

$$h_o(t) = 0 \quad \dots (3.32)$$

本プログラムでは、空気以外の家具などの熱容量を容積比熱 300Wh/(m<sup>3</sup>・K) 厚さ 20mm の合板で代表させ、単位応答を計算して吸熱応答から貫流応答を引き蓄熱応答を求めています。

$$h_i(t) = 2.66 + 3.60e^{-2.42t} + 0.082\delta(t) \quad \dots (3.33)$$

$$h_o(t) = 2.66 - 3.60e^{-2.42t} + 0.082\delta(t) \quad \dots (3.34)$$

$$h_i(t) = 7.20e^{-2.42t} \quad h_o = 0 \quad \dots (3.35)$$

片側励振の蓄熱量は 3.0Wh/m<sup>2</sup>K ですから、設定した室の熱容量に合致するように合板の面積を定めます。

$$\text{合板面積 } S = \text{室気積} \times \text{容積当たりの熱容量} \times \text{合板熱容量の比率} / 3.0$$

## 3.10 壁表面温度

壁室内側表面熱流を室内側熱伝達率 (9W/m<sup>2</sup>・K) × (Environmental Temp. - 表面温度) に等しいとして、表面温度を求めています。

## 3.11 カーテン・断熱戸など

熱的薄壁に対して定常項 BOJ、BOK、XOJ、XOK を利用時間になると B1J、B1K、X1J、X1K と交換しています。

## 3.12 絶対湿度と相対湿度の換算

### (1) 湿度の計算

本プログラムでは体積絶対湿度 (kg/m<sup>3</sup>) に換気量 (m<sup>3</sup>/h) を掛けると水蒸気量になることを利用して室の水蒸気量の収支式を立て、室の体積絶対湿度を変数とする連立方程式を解き、相対湿度に換算しています。

### (2) 人体潜熱発熱量を水蒸気量へ換算

人体からの潜熱発生量を、水の 36℃ における気化熱 670Wh/kg を使用して発汗及び不感蒸泄による水蒸気量に換算しています。

### (3) 外気の重量絶対湿度 (kg/kg') を体積絶対湿度へ換算

外気の湿度が重量絶対湿度で与えられる場合は次の式により体積絶対湿度に換算します。

$$\text{体積絶対湿度: } H_v = 216.7 \times P_v / (t + 273.15) \quad [\text{g/m}^3] \quad \dots (3.36)$$

$$\text{重量絶対湿度: } H_r = 0.622 P_v / (P - P_v) \quad [\text{kg/kg}'] \quad \dots (3.37)$$

重量絶対湿度と体積絶対湿度の関係

$$Hv = Hr \times 1013.15 / (0.622 + Hr) \times 216.7 / (t + 273.15) \quad \text{---(3.38)}$$

ここに

$t$  : 温度 [°C]

$P$  : 大気圧 = 1013.25 [hPa]

$P_v$  : 空気の水蒸気分圧 [hPa]

#### (4) 相対湿度を体積絶対湿度へ換算

1. 気温から飽和水蒸気圧  $e$  を「Tetens」式により導く

$$\text{飽和水蒸気圧 } e = 6.1078 \times 10^{[7.5t/(t+273.3)]} \quad [\text{hPa}] \quad \text{----(3.39)}$$

2. 飽和水蒸気圧  $e$  から飽和水蒸気量  $a$  を導く

$$\text{飽和水蒸気量 } a = 217 \times e / (t + 273.15) \quad [\text{g/m}^3] \quad \text{----(3.40)}$$

3. 飽和水蒸気量  $a$  に相対湿度 RH をかける

$$\text{体積絶対湿度 } Hv = a \times \frac{RH}{100} \quad \text{----(3.41)}$$

### 3.13 空調方式と計算方法；想定外の取り扱い

空調方式は、大きく分けて中央熱源方式と個別分散熱源方式があります。個別分散熱源方式は単独運転・個別制御が可能であり、本プログラムの利用に当たっては外気取入方式に「換気扇」を指定します。計算方式に「負荷調整・自然室温計算」を指定すると、暖房設定時に冷房負荷や除湿負荷、冷房時に暖房負荷や加湿負荷が発生した場合、室温湿度の再計算になります。

一方、中央熱源方式では外気取入方式に「熱回収器付き外調機」を指定します。計算方式に「負荷調整・自然室温計算」を指定すると、暖房設定時に室内負荷に冷房負荷や除湿負荷が発生したような場合は、先ず外調機の加熱量や加湿量を制御し外調機の負荷を減らします。更に外気の制御では設定条件を満足できない場合は、外調機の制御を止め生の外気を取り入れる温度湿度の計算を行います。

### 3.14 外気冷房

中間期や暖房室の冷房期など室内温度が設定されていない期間については、暖房期の空調機運転時間に合わせて外調機が運転され、取り入れ外気は隙間換気扱いになっています。

## 第4章 計算理論

本プログラムで利用している室温と負荷変動解析に関する計算理論を概説します。技術計算ソフト全般に言えることですが、計算モデルによって出力結果は大なり小なり影響を受けるのでユーザーは技術者として計算理論を把握すべきです。更に、計算目的によってはプログラムの内容を変更したり、自分のプログラムへ組み込んだりすることが必要になります。そのためにソースファイルを提供しているのでユーザーはプログラムの中身を直に確認できることが望ましいです。

### 4.1 逐次積分法の基礎理論

逐次積分法は北大名誉教授荒谷登先生が 1960 年代に開発した多数室建物用の非定常伝熱計算法で、単純な積和の繰り返しが特徴です。

図 4-1 に示すように室温にユニットステップ関数を与えたときの壁面熱流の単位応答（インディシャル応答）を  $h(t)$  とします。室温変動  $\theta(t)$  は図 2 のように近似的にステップ関数の集まりからなると考えられるので、任意の室温変動時の壁面熱流の強さ  $H(t)$  はデュアメル積分を用いて、次のように表すことができます。

$$H(t) = \int_0^t \theta'(\tau) h(t-\tau) d\tau \quad \dots (4.1)$$

註 デルタ関数に対するインパルス応答（重み関数）  $g(t)$  を使うと、室温変動  $\theta(t)$  は適当な高さのユニットインパルスの連続で近似できるので式(4.1)はもっと分かりやすい形になります。

$$H(t) = \int_0^t \theta(t) g(t-\tau) d\tau \quad \dots (4.2)$$

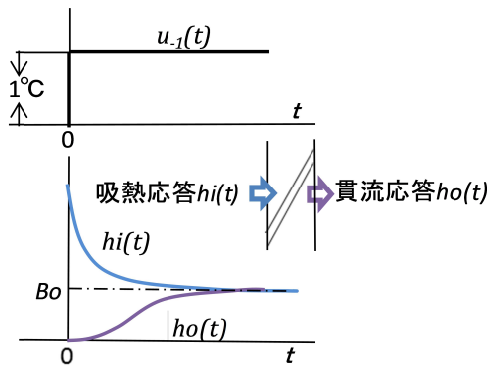


図 4-1 ユニットステップ関数と単位応答

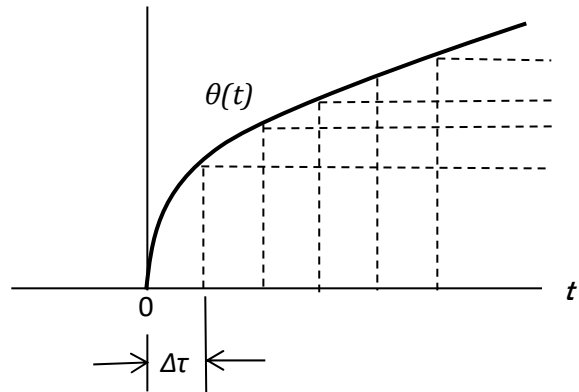


図 4-2 ステップによる室温の近似

壁の単位応答は、数項の指数関数項と瞬間熱流項の和で近似することができます。

$$h(t) = B_0 + \sum_{m=1}^k B_m e^{-\beta_m t} + q\delta(t) \quad \dots (4.3)$$

ここに、 $\delta(t)$  はデルタ関数で

$$q = \sum_{m=k+1}^{\infty} \frac{B_m}{\beta_m} \quad \dots (4.4)$$

式(2)を式(1)に代入し、時刻  $t_n$  の壁面熱流の強さ  $H(t)$  を求めると、

$$H(t) = \int_0^{t_n} \theta'(\tau) \left( B_0 + \sum_{m=1}^k B_m e^{-\beta_m(t_n-\tau)} + q\delta(t_n-\tau) \right) d\tau \quad \dots (4.5)$$

$$= \underbrace{B_0 \theta(t_n)}_{\text{定常項}} + \underbrace{\left[ \sum_{m=1}^k \int_0^{t_n} \theta'(\tau) B_m e^{-\beta_m(t_n-\tau)} d\tau \right]}_{\text{過渡項}} + \underbrace{q \theta'(t_n)}_{\text{瞬間熱流項}} \quad \dots (4.6)$$

となり、それぞれ定常項、過渡項、瞬間熱流項と呼びます。定常項および瞬間熱流項は時刻 $t_n$ の室温とその勾配を知れば求められるのに対し、過渡項は過去の室温変動経過を含むので求め方が困難です。逐次積分法は指数関数で表される単位応答が一定の時間毎に一定の割合で減衰する性質を生かして過渡項を求めている点に特徴があります。

いま時刻 $t_n$ までの過渡項が求まっているものとして、時刻 $t_n + \Delta t$ の過渡項のひとつの項 $Z_{n+1}$ について求めると

$$Z_{n+1} = \int_0^{t_n + \Delta t} \theta'(\tau) B_m e^{-\beta_m(t_n + \Delta t - \tau)} d\tau \quad \dots (4.7)$$

$$= \int_0^{t_n} \theta'(\tau) B_m e^{-\beta_m(t_n + \Delta t - \tau)} d\tau + \int_{t_n}^{t_n + \Delta t} \theta'(\tau) B_m e^{-\beta_m(t_n + \Delta t - \tau)} d\tau \quad \dots (4.8)$$

区間 $t_n \sim t_n + \Delta t$ で室温を直線近似し、その勾配を $A_{n+1}$ とすると

$$= \left[ \int_0^{t_n} \theta'(\tau) B_m e^{-\beta_m(t_n - \tau)} d\tau \right] e^{-\beta_m \tau \Delta t} + A_{n+1} \int_{t_n}^{t_n + \Delta t} B_m e^{-\beta_m(t_n + \Delta t - \tau)} d\tau \quad \dots (4.9)$$

$$= \left[ \int_0^{t_n} \theta'(\tau) B_m e^{-\beta_m(t_n - \tau)} d\tau \right] e^{-\beta_m \tau \Delta t} + A_{n+1} \frac{B_m}{\beta_m} (1 - e^{-\beta_m \Delta t}) \quad \dots (4.10)$$

$$= Z_n \times E_m + A_{n+1} \times X_m \quad \dots (4.11)$$

ここに、

$$E_m = e^{-\beta_m \tau \Delta t} \quad \dots (4.12)$$

$$X_m = \frac{B_m}{\beta_m} (1 - e^{-\beta_m \Delta t}) \quad \dots (4.13)$$

が得られます。

すなわち、時刻 $t_n + \Delta t$ の過渡項 $Z_{n+1}$ は、時刻 $t_n$ までの過渡項 $Z_n$ と演算時間間隔 $\Delta t$ が決まると定数である $E_m$ と $X_m$ の積和で求めることができます。

したがって、時刻 $t_n + \Delta t$ の熱流の強さ $H_{n+1}$ は

$$H_{n+1} = B_0(\theta_n + A_{n+1}\Delta t) + \sum_{m=1}^k (Z_{m,n} E_m + A_{n+1} X_m) + q A_{n+1} \quad \dots (4.14)$$

$$= B_0 \theta_n + \sum_{m=1}^k Z_{m,n} E_m + A_{n+1} X_0 \quad \dots (4.15)$$

$$Z_{m,n+1} = Z_{m,n} E_m + A_{n+1} X_m \quad \dots (4.16)$$

ただし、

$$X_0 = B_0 \Delta t + q + \sum_{m=1}^k X_m \quad \dots (4.17)$$

室温を設定し熱負荷を求める場合、区間 $t_n \sim t_n + \Delta t$ の室温勾配 $A_{n+1}$ が与えられるので躯体伝熱に式(4.14)を当てはめ、換気伝熱などを加えて室毎に熱収支式を解くことで熱負荷を求めることができます。

室温を求める場合は、室の熱平衡式から室温勾配 $A_{n+1}$ を求めて $\theta_{n+1} = \theta_n + A_{n+1} \Delta t$ と室温に置き換えて計算を進めます。室温が未知の隣接室がある場合には室の数だけ得られる室温あるいは熱負荷を変数とする熱収支式を連立一次方程式として解くことになります。隣室側の温度変化の影響は小さいので、演算時間間隔 $\Delta t$ を短くすると $\Delta t$ 時間前の室温勾配を使って室毎に計算すること

ができます。

## 4.2 Environmental Temperature 法

### (1)；放射伝熱計算の近似法

わが国では熱負荷計算の際に必要な室温について空気温のみを対象としています。これに対しイギリスで用いられている Environmental Temperature 法は室内伝熱計算に空気温度に平均放射温度を含めた Environmental Temperature を用いるもので、放射伝熱計算の精度の向上と室内環境評価の両立を図るものです。

n 面からなる室内空間を考える。j 面の単位面積当たりの表面熱流の強さ  $H_j$  は、対流熱伝達率  $\alpha_c$  と放射熱伝達率  $\alpha_r$  を用いて次のように表されます。

$$H_j = \alpha_c (\theta_{ai} - \theta_{sj}) + \alpha_r (\theta'_{rj} - \theta_{sj}) \cdots (4.18)$$

$$= (\alpha_c + \alpha_r) (\theta'_{ej} - \theta_{sj}) \cdots (4.19)$$

ここに、 $\theta_{ai}$ ；空気温度

$\theta_{sj}$ ；j 壁の表面温度

$\theta'_{rj}$ ；j 面に対する周壁平均放射温度

$$\theta'_{ej} = \frac{\alpha_c \theta_{ai} + \alpha_r \theta'_{rj}}{\alpha_c + \alpha_r} \cdots (4.20)$$

実際には  $\theta'_{ej}$  を求めることは困難なので総合熱伝達率法では他の 5 面の温度が室内気温に等しいと近似しています。

Environmental Temperature 法では  $\theta'_{rj}$  を計算可能な面積加重平均周壁温度  $\theta_r$  で近似します。

$$\sum S \theta_r = S_j \theta_{sj} + (\sum S - S_j) \theta'_{rj} \cdots (4.21)$$

$$\theta'_{rj} = \frac{\sum S \theta_r - S_j \theta_{sj}}{\sum S - S_j} \cdots (4.22)$$

ただし、 $\sum S$  は室の全表面積です。

$$H_j = \alpha_c (\theta_{ai} - \theta_{sj}) + \alpha_r \left( \frac{\sum S \theta_r - S_j \theta_{sj}}{\sum S - S_j} - \theta_{sj} \right) \cdots (4.23)$$

$$= \alpha_c (\theta_{ai} - \theta_{sj}) + \frac{\sum S}{\sum S - S_j} \alpha_r (\theta_r - \theta_{sj}) \cdots (4.24)$$

$\alpha'_r = \sum S / (\sum S - S_j) \alpha_r$  と置き換え、総合熱伝達率法と同じように書きかえると、

$$= (\alpha_c + \alpha'_r) (\theta_x - \theta_{sj}) \cdots (4.25)$$

ここに、

$$\theta_x = \frac{\alpha_c \theta_{ai} + \alpha'_r \theta_r}{\alpha_c + \alpha'_r} \cdots (4.26)$$

$\alpha_c$  と  $\alpha'_r$  は個々の壁面の状態によって異なるので、代表値（平均値）を代入して  $\theta_x$  を壁面によらない自立した値  $\theta_{ei}$  にする必要があります。

空気温 23℃、平均壁面温 17℃として自然対流熱伝達の式  $\alpha_c = 1.7 \times \Delta\theta^{0.33}$  に代入すると自然対流熱伝達率は

$$\alpha_c = 1.7 \times (296 - 290)^{0.33} = 3.1 \text{ (W/m}^2\text{K)} \cdots (4.27)$$

また面 II が黒体の場合の放射熱伝達率の式に代入すると放射熱伝達率は

$$\alpha_r = \varepsilon_1 \sigma (T_1 + T_2)(T_1^2 + T_2^2) = 0.9 \times 5.67 \times 10^{-8} \times 586 \times (290^2 + 296^2) = 5.1 \text{ (W/m}^2\text{K)}$$

となります。

$\sum S / (\sum S - S_j) \cong 1.2$ 、 $\alpha_c = 3.1 \text{ W/m}^2\text{K}$ 、 $1.2\alpha_r = 6.1 \text{ W/m}^2\text{K}$  を平均的な値として代入して式(4.26)に代入して Environmental Temperature は

$$\theta_{ei} = \frac{1}{3} \theta_{ai} + \frac{2}{3} \theta_r \cdots (4.28)$$



を得ます。

- 註 1) 垂直壁の自然対流熱伝達率の式については  $\alpha_c = 1.98 \times \Delta\theta^{0.25}$  式も知られています。  
2) 日本では面Ⅱを灰色体として  $\varepsilon_2 = 0.9$  を乗じて  $4.6 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  とすることが一般的です。  
3) 熱伝達式の選択や温度差の扱いにより、式(4.26)からフランスで用いられている (dry resultant temperature)  $\theta_{res} = (\theta_a + \theta_r)/2$  を導くこともできます。

$(\alpha_c + \alpha'_r)$  は日本の実用総合熱伝達率にほぼ等しいことから、そのまま  $\alpha_i = 9 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  を使うこととし、外気側の Environmental Temperature  $\theta_{eo}$  は外気温  $\theta_o$  を使います。

## (2) 仮想熱コンダクタンス

Environmental Temperature ( $\theta_e$ ) を壁体からの熱損失 (熱取得) の計算に用いるときに、換気熱損失は空気温度 ( $\theta_a$ ) に関わるので熱負荷計算実行のためには  $\theta_{ei}$  と  $\theta_{ai}$  との間に一定の関係を定める必要があります。

ダクト空調や対流暖房では空気温度に熱が与えられ、換気熱損失を差し引いた熱が Environmental Temperature に伝わり、そこから躯体伝熱となる熱の流れを考えます。一方、パネル空調や放射暖房では Environmental Temperature に与えられた熱 (躯体伝熱を差し引く) が空気温度に伝わり、そこから換気伝熱となる熱の流れを考えます。

いま、熱が空気に与えられ、室内表面の温度と放射率がすべての面で等しく、空気温度が表面温と異なる場合を考えます。この場合、放射伝熱は相殺されてゼロとなり対流伝熱のみとなります。対流による熱の流れ  $\theta_{ai} \rightarrow \theta_{sj}$  を Environmental Temperature 法では  $\theta_{ai} \rightarrow \theta_{ei} \rightarrow \theta_{sj}$  の流れに置き換えるのと同じであり、空気温度  $\theta_{ai}$  と Environmental Temperature  $\theta_{ei}$  との間に躯体伝熱量に等しい仮想の熱コンダクタンス  $\alpha_e$  を考える必要があります。

$$\frac{1}{\alpha_c} = \frac{1}{\alpha_e} + \frac{1}{\alpha_c + 1.2\alpha_r} \quad \dots (4.29)$$

$$\frac{1}{\alpha_e} = \frac{1}{3} - \frac{1}{9} \rightarrow \alpha_e = 4.5 \quad \dots (4.30)$$

を得ます。

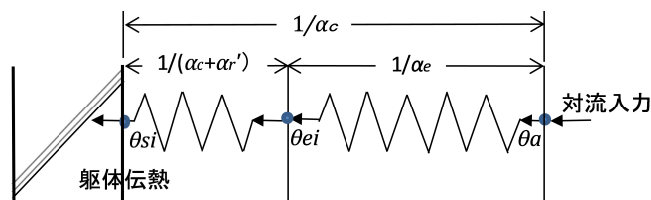


図 4-4 仮想熱コンダクタンス

ダクト空調や対流暖房の場合、空調時には設定温度である空気温度 (既知) で仮想熱コンダクタンス量  $\alpha_e \sum S (\theta_{ei} - \theta_{ai})$ 、換気伝熱  $nV (\theta_o - \theta_{ai})$ 、室内空気蓄熱量  $A_{n+1} Q$  の熱収支により熱負荷を未知数として方程式が得られます。また Environmental Temperature  $\theta_{ei}$  で式(4.15)を使って躯体伝熱、仮想熱コンダクタンス、室内取得熱の熱平衡によりその温度勾配を未知数として方程式が導かれます。

パネル空調や放射暖房の場合は、Environmental Temperature  $\theta_{ei}$  は設定されている (既知) ので熱負荷を未知数として熱平衡式を立て、空気温度  $\theta_{ai}$  の点でその温度勾配を未知数として熱平衡式を立てます。

尚、本プログラムでは人体発熱や機器発熱など室内取得熱の対流成分は空気温 (プログラム上は隙間換気熱) に加え、放射成分は一旦壁に吸収させ再放熱伝熱として扱っています。

総ての室に 2 つの熱平衡式が得られるので一次元連立方程式として解くことになります。総合熱伝達率法 (室温=空気温) に比べると熱平衡式が増え難くなりますが、壁表面温と空気温との差の大きな保温性の低い建物や間欠運転の建物の熱負荷解析の精度向上します。また

Environmental Temperature はグローブ温度に相当し居住環境の評価に利用できます。

## 参考文献

- 1) 荒谷登、鈴木憲三：建築家のための熱環境解析入門、北大図書刊行会、1993/10
- 2) 荒谷登：住居の熱環境計画への研究、学位論文、1973/9
- 3) R. K. McLaughlin、R. C. McLean、W. J. Bonthron：Heating Services Design、Butterworth & Co Ltd、1981
- 4) 日本建築学会編：建築学便覧Ⅰ計画、丸善、1975/2
- 5) 松尾陽：新建築学大系 10・熱、彰国社、1984/1
- 6) 渡辺要：建築計画原論Ⅱ、丸善、1960/1
- 7) 金谷英一・石黒一郎・池田静治・成瀬哲生・桜井美政：建築環境工学概論、明現社、1976/4
- 8) 木村建一編著：建築環境学 2 壁体非定常伝熱（渡辺俊行）、丸善、1993/2
- 9) 田中俊六他著：最新 建築環境工学 [改定3版]、井上書院、2006/3
- 10) 鉾井修一他著、建築環境工学Ⅱ－熱・湿気・換気－、朝倉書店、2002/3
- 11) 空気調和・衛生工学便覧 第13版、空気調和・衛生工学会、2001/1
- 12) 猪岡達夫：HASP の非定常熱負荷計算 解説書（PDF）、建築設備技術者協会、2020/4
- 13) 建築設備技術者協会編著：建築設備設計マニュアルⅠ空気調和編、技術書院、1995/9
- 14) 紀谷文樹、石野久彌共編：建築設備、オーム社、2003/5
- 15) 日本建築学会環境工学委員会熱分解会第15回シンポジウム資料：伝熱解析の現状と課題  
日本建築学会環境工学委員会、1985/9
- 16) 日本建築学会編：拡張アメダス気象データ、丸善、2000/1
- 17) JIS A 2102-1 窓及びドアの熱性能－熱貫流率の計算－第1部：一般、日本規格協会、  
2011/3
- 18) 建設大臣官房官庁営繕部監修：建築設備設計基準・同要領 平成10年版、公共建築協会、  
1998/3
- 19) 4Step エクセル統計 第3版、オーエムエス出版、2011/2
- 20) 黒田英夫：Visual Basic による工学計算プログラム、CQ 出版、2001/9
- 21) 黒田英夫：Visual Basic による数値解析計算プログラム、CQ 出版、2002/4
- 22) 黒田秀夫：技術者のためのVB2005 プログラムガイド、算生会、2008/4
- 23) 黒田秀夫：基礎からの数値計算 初歩から「有限要素法」による解析まで、工学社、2010/10
- 24) 瀬戸遥：Visual Basic 6.0 ユーザーのための Visual Basic 2005 プログラミングガイド、  
ASCII、2006/12
- 25) 原田秀生：実用ゼロから学ぶ Visual Basic2010、日経ソフトウェア、2011/10

# 建築学会モデル住宅

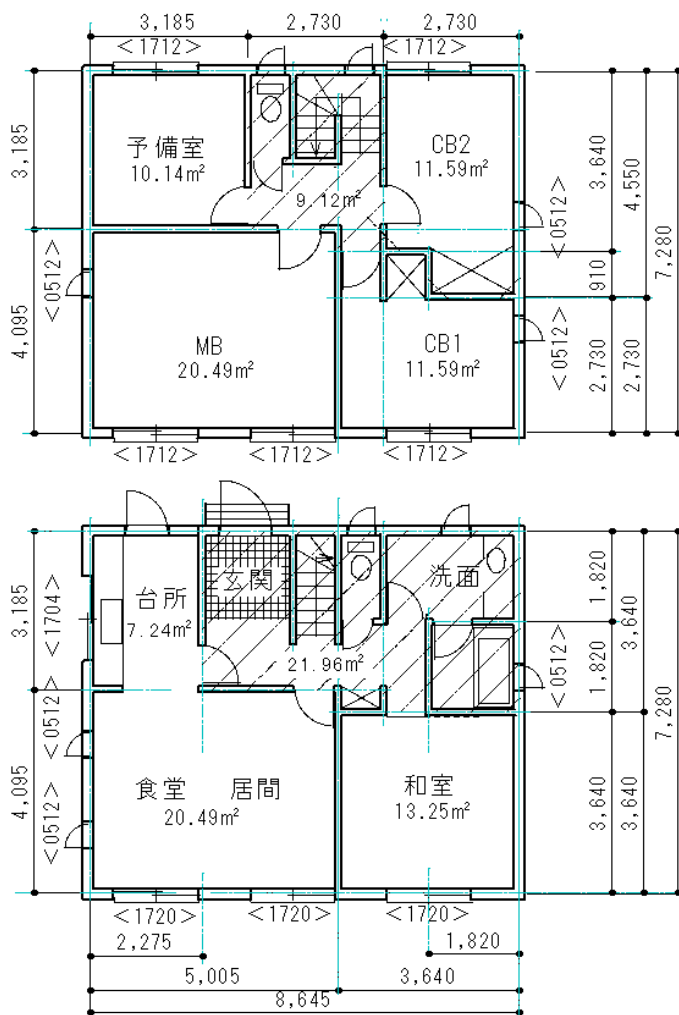
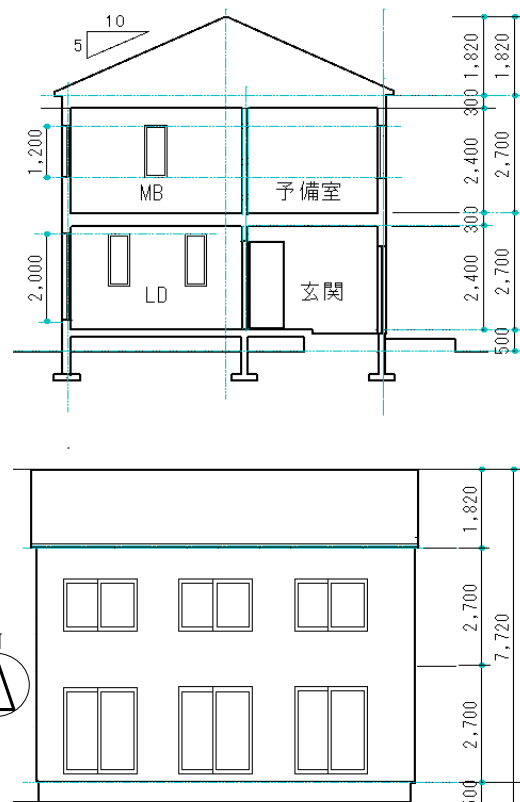


図 5-2 断面図と立面図

図 5-1 平面図

## 1985 年の夏、建築学会環境工学委員会熱



分科会第 15 回熱シンポジウムで工学院  
大学宇田川教授により提案された住宅用標  
準問題を「学会住宅モデル」として Sample  
フォルダに納めている。

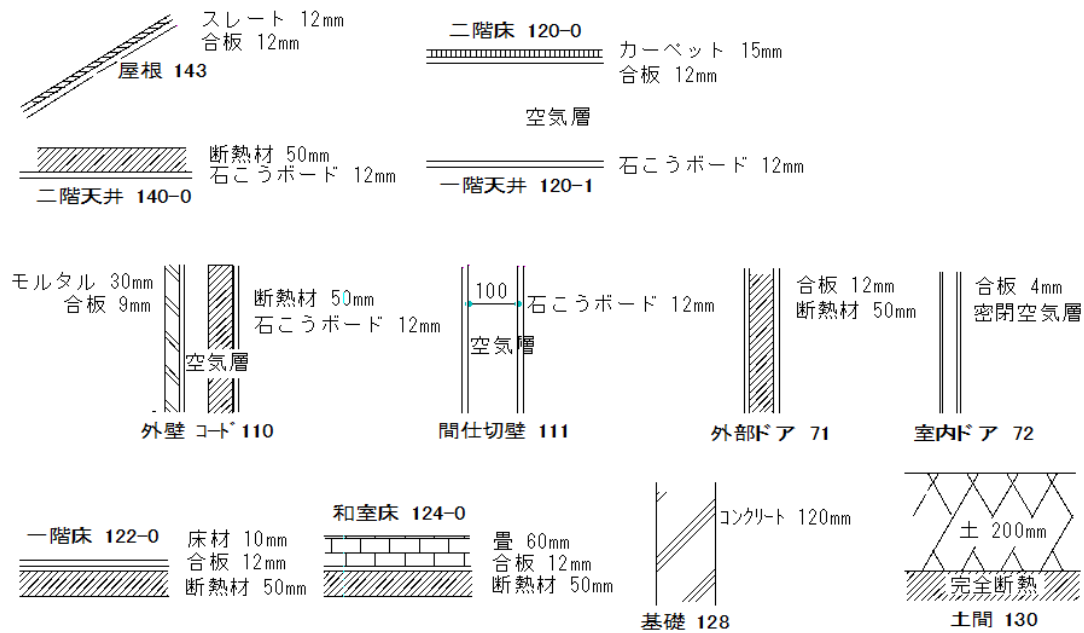


図 5-3 壁仕様とコード番号

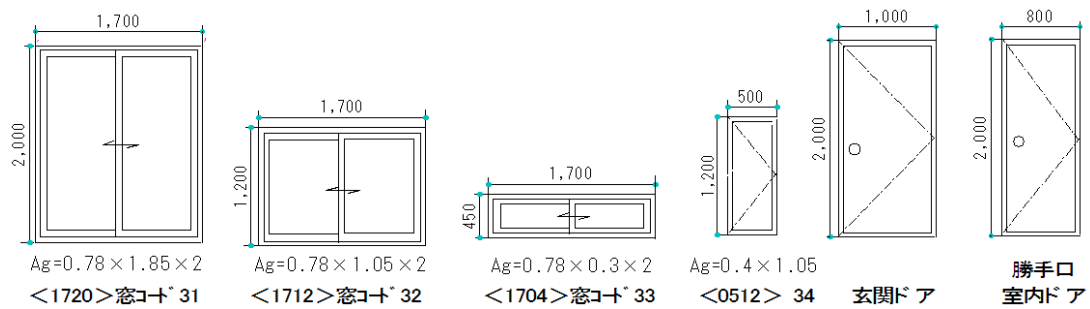


図 5-4 建具立面と窓コート

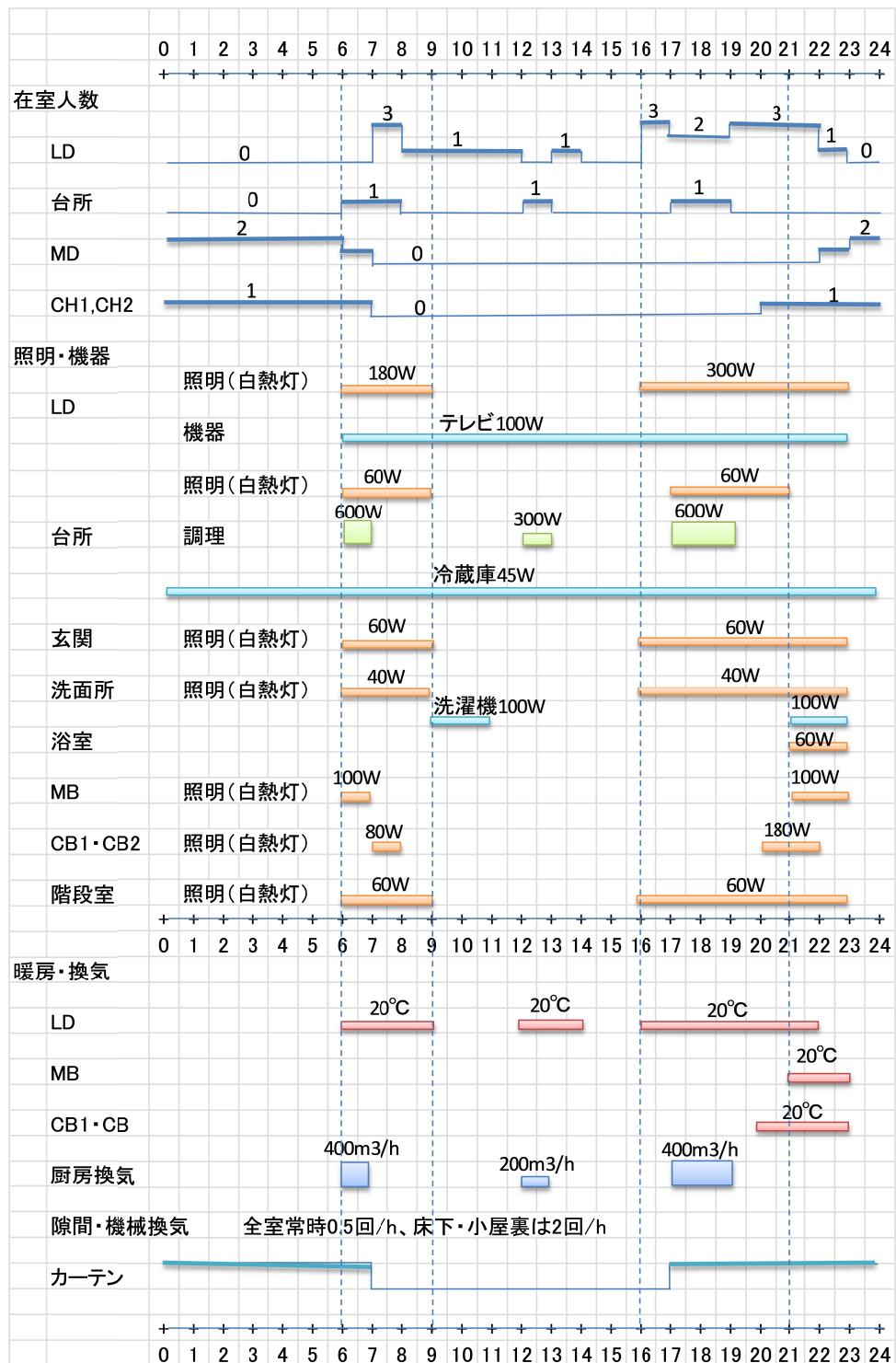


図 5-5 発熱スケジュール