



IV 編

自立循環型住宅の 設計建設支援システム開発

第 1 0 章 設計支援システム（C 1）

第 1 1 章 L C A 評価手法開発（C 2）

第 1 2 章 教育・情報提供システム（C 3）

第10章 設計支援システム（C 1）

10.1 概要

10.1.1 研究計画

住宅の熱環境において、外壁・屋根・床などの断熱・気密性能向上は比較的容易であるのに対し、窓・出入り口などのいわゆる開口部の断熱性能を向上させることは容易ではない。したがって、住宅全体の熱的性能が向上するほど開口部は相対的に熱的な弱点となりやすく、住宅全体の熱損失に占める開口部からの熱損失の割合が増大する。このため、住宅の省エネルギー性および温熱環境の改善を図るうえで、開口部の断熱性能および日射遮蔽性能の向上は必要不可欠である。

その一方で、開口部の役割として、自然光を建築物の内部に導き入れ、昼光により住宅内の光・視環境の向上を図ることや、室内へ新鮮な外気を導入し、二酸化酸素などで汚染された空気を排出すること、さらに外部の音を室内に導入（あるいは遮断）することなど、室内環境に及ぼすその影響は多岐にわたる。

一般に開口部面積を大きくすれば、室内は明るくなり、換気・通風も促進されるが、暖冷房負荷も大きくなる。窓を開けたときの通風量はできるだけ多く、閉じたときの漏気量はできるだけ少なく、室内はできるだけ明るく、しかし暖冷房費は安く、といった相反する要求を満たすためには、住宅の躯体と開口部の仕様や位置関係を総合的に検討するための理論的な根拠を持ったツールが必要である。

従来、建築環境分野では熱負荷計算や換気計算をはじめとする各種シミュレーションプログラムが開発され、検証などを経て一部のプログラムは市販されて実用に供されている。しかし、既存の多くのプログラムは研究者の視点で開発されたものが多く、シミュレーションに必要な入力項目および出力項目に関して高度な専門知識を要求し、入力作業や出力結果の読み取りなどに関してユーザーに時間を含めて多大なコストを強いるものであったといえる。一般の方々の地球環境への関心も年々高まりつつあると考えられることから、設計実務者と住まい手がともに計算の内容を理解でき、あるいは自ら操作できるようなシミュレーションプログラムを開発することにより、住宅性能の向上あるいは住まい方を含めた住宅の省エネルギー性の向上に大きく寄与できるものと考えられる。

こうした現状を踏まえ、設計支援システム委員会(C1)では、住宅設計の実務者にとって使いやすいユーザーインタフェースを備えた住宅環境シミュレーションソフトウェアを開発し、その検証を行い、一般への普及促進を図ることを目的としている。

前述のように、住宅外皮において開口部は特に要求される性能にトレードオフとなる項目が多く、その設計に役立つツールを重点的に開発することとした。

具体的には、

- 室内の昼光照度(日照による室内の明るさ)のシミュレーションプログラム
- 室内の換気状況、空気質等のシミュレーションプログラム
- 住宅用熱負荷計算プログラム「SMASH」の有効活用
- 上記のプログラムをはじめとする環境シミュレーションプログラムに共通で利用できる入出力ツール

の開発を行った。

10.2 開発項目と作業期間等

本委員会での開発項目と作業期間等を下表に示す。

表 10.2.1 開発項目と作業期間

計算内容	名称	H14年度	H15年度	H16年度	
室内昼光照度	Daylighting	新規開発 [進捗バー]	検証 [進捗バー]	改良 [進捗バー]	講習会 ●
換気回路網	VentSim		改良 [進捗バー]		講習会 ●
入出力ツール	AE-CADとSMASHコンバータ、結果表示ツール	新規開発 [進捗バー]			

10.3 昼光照度シミュレーションプログラム Daylighting の開発

10.3.1 Daylighting の概要

前述のように、昼光の導入は窓に要求される基本的な性能の一つであるが、光に関する市販のプログラムには精密計算とCG(コンピュータ・グラフィックス)表現を利用したハイスpek的なものが多く見受けられ、一般設計実務者にはやや敷居が高いものとなっている。

本委員会が開発した昼光照度シミュレーションプログラム Daylighting は、入出力を大幅に簡略化して使いやすさ・見やすさを向上させ、昼光あるいはCGの専門知識を持たないユーザーでも十分使いこなせるものとした。また、計算手法も簡略化させて計算時間を短縮し、年間を通したシミュレーションを可能とした。

計算精度に関しては後述するが、作業面照度に関してはモンテカルロ法などを用いた詳細計算ソフトと大差のないレベルの精度が得られた。

Daylighting の主な特長は以下のとおりである。

- 逐点法による室内作業面の昼光照度を計算する。
- 間接照度の計算には作業面切断公式を使用し、計算時間を大幅に短縮化した。

- カーテン・日よけ・ライトシェルフなどの窓付属品の影響を計算可能とした。
- 隣棟・樹木などの外部日射遮蔽物の影響を計算可能とした。
- 平均照度や均斉度のほか、毎時の照度分布、月ごとの平均値などを出力する。
- SMASH 形式の気象データを用いて年間計算を可能とした。
- 単独での入力インタフェースを持つほか、汎用入出力インタフェース(AE-CAD)からの入力にも対応を予定している。

10.3.2 Daylighting の画面と入力

以下に Daylighting の主な画面と機能、入力項目などを示す。

1) メイン画面

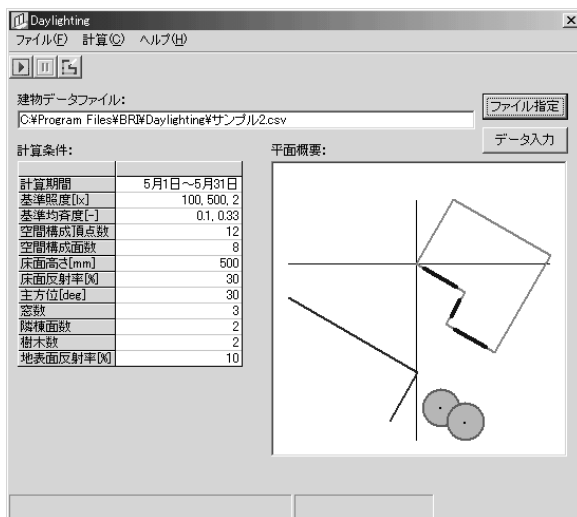


図 10.3.1 Daylightingメイン画面

メイン画面は Daylighting 起動時の画面であり、計算データの読み込みや入力画面(データ入力ダイアログ)の起動、計算制御などを行う。画面上のボタン等のはたらきは以下のようなになる。

- メニューバー
ファイルの操作、計算実行・中止、Daylighting の終了などの操作を行う。
- ツールバー
計算実行・中止、データ入力ダイアログの起動を行う。
- 建物データファイル
選択した入力データ(建物データファイ

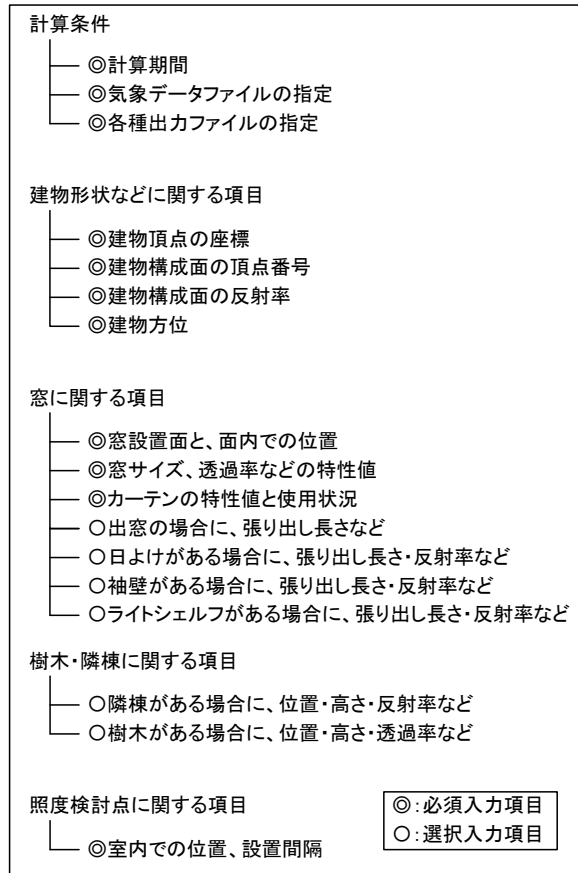


図 10.3.2 Daylighting入力項目

ル)のフォルダとファイル名を表示する。

- 計算条件
選択した建物データファイルの主な内容を表示する。
- ファイル指定ボタン
既存の建物データファイルを指定する。
- データ入力ボタン
新規に建物データファイルを作成する場合

や、既存のデータを再編集する場合に、データ入力ダイアログを起動する。

■平面概要

選択した建物データファイル平面図を表示する。

Daylighting の主な入力項目を図 10.3.2 に示す。

以下に、それぞれの詳細な項目と入力画面を示す。

2) 入力ファイル編集画面(計算条件)

図 10.3.3 は「入力ファイル編集」画面の「計算条件」タブのスクリーンショットです。画面はタブ形式で、上部には「計算条件」「座標と壁面」「窓」「隣棟面と樹木」「照度検討点」の5つのタブがあります。現在「計算条件」タブが選択されています。

「計算条件」タブには以下の入力項目があります：

- 計算期間: 1月 1日 ~ 12月 31日
- 気象データ: C:\Program Files\BR\Daylighting\気象データサンプル.dat
- 照度基準1 [lx]: 100.00
- 照度基準2 [lx]: 300.00
- 照度基準3 [lx]: 1,000.00
- 均斉度基準1 [-]: 0.10
- 均斉度基準2 [-]: 0.33
- 時系列出力ファイル: C:\Program Files\BR\Daylighting\時系列出力.csv
- 月平均値出力ファイル: C:\Program Files\BR\Daylighting\月平均出力.csv
- 毎時照度分布: CSV形式
- 出力ファイル: MicroAVS形式
- 地表面反射率 [%]: 10.00
- 窓分割幅 [mm]: 200

画面右下には「入力値の正当性はチェックしませんので、ご注意ください」というメッセージが表示されています。

図 10.3.3 入力ファイル編集画面(計算条件の入力)

メイン画面で「データ入力」ボタンを押すと、上図の「入力ファイル編集」画面が起動する。入力ファイル編集画面は、

■計算条件

■座標と壁面

■窓

■隣棟面と樹木

■照度検討点

の5画面に分かれており、それぞれ画面上部のタブで画面を選択して入力する。

計算条件画面の入力項目は以下のとおりである。

■計算期間

計算期間を設定する。

■気象データ

計算に使用する気象データを指定する。

■照度基準 1～3

目標となる照度を3つ設定する。ここで設定された照度を超えた回数(時間数)が出力される。

■均斉度基準 1～2

目標となる均斉度を2つ設定する。ここで設定された均斉度を超えた回数(時間数)が出力される。

■時系列出力ファイル

毎時の作業面照度、均斉度、窓面照度、日照条件などを出力するファイルを指定する。

■月平均値ファイル

各月の平均照度・均斉度、照度基準・均斉度基準を超えた時間数などを出力するファイルを指定する。

■ 毎時照度分布出力ファイル

毎時の作業面照度分布を出力ファイルを指定する。CSV 形式および MicroAVS 形式で出力できる。

■ 地表面反射率

地表面の反射率を設定する。

■ 窓分割幅

日射遮蔽物などの計算時に行う窓メッシュ分割の幅を設定する。

3) 入力ファイル編集画面(座標と壁面)

入力ファイル編集
ファイル(E)

計算条件 座標と壁面 窓 隣接面と樹木 照度検点

座標
床面の地表面からの高さ [mm] 500
建物方位 [deg] 30.0
床面反射率 [%] 30.00

* 建物方位の値は、頂点 No.1 と No.2 を含む面の方位を入力して下さい
南 = 0 度
西 = 90 度
北 = 180 度
東 = 270 度
* 表の「頂点・z座標」は、床面高さを基準とした高さを入力して下さい
* 表の各床頂点座標は、No.1を左下隅として、順に平面図で反時計回りで入力して下さい
* 表の1点目の種類は、床しか選択出来ません

No	種類	頂点・x [mm]	頂点・y [mm]	頂点・z [mm]
1	床	0	0	0
2	床	3000	0	0
3	床	3000	-2000	0
4	床	6000	-2000	0
5	床	6000	4000	0
6	床	0	4000	0
7	その他	0	0	2400
8	その他	3000	0	2400
9	その他	3000	-2000	2400
10	その他	6000	-2000	2400

追加 挿入 削除

壁面・天井面

No	名称	反射率 室内側 [%]	頂点数	頂点No															
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	南向き壁面(西)	50	4	2	1	7	8												
2	西向き壁面	50	4	3	2	8	9												
3	南向き壁面(東)	50	4	4	3	9	10												
4	東間仕切り	50	4	5	4	10	11												
5	北間仕切り	50	4	6	5	11	12												
6	西間仕切り	50	4	1	6	12	7												
7	天井	70	6	10	9	8	7	12	11										

* 頂点Noは、室内から見て左下から順に反時計回り(左下→右下→右上)に入力して下さい

追加 挿入 削除

図 10.3.4 入力ファイル編集画面(座標と壁面の入力)

「座標と壁面」画面の設定項目は以下のとおりである。

■ 床面の地表面からの高さ

計算対象空間床面の地表面からの高さを設定する。

■ 建物方位

計算対象空間の方位角を設定する。

■ 床面反射率

床面の反射率を設定する。

■ 頂点の種類および x・y・z 座標

計算対象空間を立体(多面体)として考え、その構成頂点の座標を設定する。

■ 壁面・天井面

計算対象空間を立体(多面体)として考え、その構成面を設定する。

・名称

各面に自由に名称を設定する。

・反射率

室内側の表面反射率を設定する。

・頂点数

各面を構成する頂点数を設定する。

・頂点 No.

各面を構成する頂点の番号を順に指定していく。

4) 入力ファイル編集画面(窓)

「窓」画面の設定項目は以下のとおりである。

No	設置面	幅 [mm]	高さ [mm]	面内座標 x [mm]	面内座標 z [mm]	透過率 [%]	維持率 [%]	有効面積 率 [%]	SC値	カーテン			
										6時 以前	6～ 7時	7～ 8時	～ 日没
1	南向き壁面(西)	2000	2000	500	10	90	90	90	1	0開	0開	0開	0
2	西向き壁面	1000	2000	500	10	90	90	90	1	0開	0開	0開	0
3	南向き壁面(東)	2000	1000	500	1000	90	90	90	1	0開	0開	0開	0

*面内座標は、室内から見て窓の左下隅の位置を指定して下さい。
 *座標系は、壁面を室内から見て左下頂点を原点とし、水平右向きがx軸、壁面に沿って上向きがz軸となります

追加 挿入 削除

図 10.3.5 入力ファイル編集画面(窓の入力)

■設置面

窓を設置する面を選択する。

■幅・高さ

窓サイズを設定する。

■面内座標(x, z)

設置面の面内座標系を用いて、窓位置を設定する。

■透過率

ガラスの透過率を設定する。

■維持率

ガラスの維持率(保守率)を設定する。

■有効面積率

窓の有効面積率を設定する。

■SC値

窓の日射遮蔽係数を設定する。

■カーテン

カーテンの使用条件や光透過特性を設定する。

・スケジュール

各時刻のカーテン使用状況を、「開」「閉」「閾値により開閉」の中から選択する。

・使用閾値

スケジュールを「閾値により開閉」とする場合に、判定条件となる照度を設定する。

・透過率

カーテンの透過率を設定する。

・拡散比率

カーテンを透過した直射光が拡散光となる比率を設定する。

■出窓

窓を出窓とする場合の設定を行う。

・張り出し長さ

出窓の壁面からの出の長さを設定する。

・側面

出窓の側面が壁面かガラスかを指定する。

・上面・下面反射率

出窓上面と下面の反射率を設定する。

■日よけ

窓上部に日よけ・オーニング等がある場合の設定を行う。

・前方張り出し

日よけの壁面からの出の長さを設定する。

・左張り出し・右張り出し

それぞれ、窓から左方向・右方向への出の長さを設定する。

- ・窓上端からの高さ

窓上端から日よけまでの高さを設定する。

- ・傾斜角

日よけ面の傾斜角を設定する。

- ・透過率

オーニング等の透過率を設定する。

- ・反射率

日よけ面の反射率を設定する。

■左側袖壁・右側袖壁

窓の左右に袖壁がある場合や、凹凸のある形状の建物で外壁が日射遮蔽物となる場合の設定を行う。

- ・前方張り出し

袖壁の壁面からの出の長さを設定する。

- ・窓左端・右端からの幅

窓左端・右端と袖壁間の幅を設定する。

- ・窓上端からの高さ

袖壁の高さを設定する。

■ライトシェルフ

窓下部にライトシェルフがある場合の設定を行う。

- ・前方張り出し

ライトシェルフの壁面からの出の長さを設定する。

- ・窓下端からの高さ

ライトシェルフから窓下端までの高さを設定する。

- ・傾斜角

ライトシェルフ面の傾斜角を設定する。

- ・反射率

ライトシェルフ面の反射率を設定する。

5) 入力ファイル編集画面(隣棟面と樹木)

「隣棟面と樹木」画面の設定項目は以下のとおりである。

■隣棟面

計算対象建物周辺の建物が日射遮蔽物となりうる場合に、面ごとに設定を行う。

- ・下端頂点 1・2(x, y)

隣棟面を鉛直な長方形と仮定し、その下端頂点(2ヵ所)の座標を設定する。

- ・高さ

隣棟面の高さを設定する。

- ・反射率

隣棟面の反射率を設定する。

■樹木

- ・形状

樹木の形状を「円柱形」「円錐形」から選択する。

- ・中心(x, y)

樹木中心位置の座標を設定する。

- ・葉下端高さ・上端高さ

樹木の葉部分(樹冠部)の下端・上端高さを設定する。

- ・底円半径

樹木下端での樹冠半径を設定する。

- ・透過率

樹冠部の月ごとの透過率を設定する。

6) 入力ファイル編集画面(照度検討点)

「照度検討点」画面の設定項目は以下のとおりである。

■代表点座標(x, y, z)

室内の照度計算位置の座標を一ヵ所設定する。z 座標が作業面高さとなる。

■x 方向・y 方向配置間隔

照度検討点の配置間隔を設定する。

■壁面との最低間隔

照度検討点と壁面との間隔を設定する。

入力ファイル編集
ファイル(F)

計算条件 座標と壁面 窓 **隣棟面と樹木** 照度検討点

隣棟面

No	下端頂点1・x [mm]	下端頂点1・y [mm]	下端頂点2・x [mm]	下端頂点2・y [mm]	高さ [mm]	反射率 [%]
1	3000	-8000	3000	-5000	4000	30
2	3000	-5000	-5000	-5000	4000	30

※ 隣棟面を外側から見て左下隅を頂点1、右下隅を頂点2として下さい

追加 挿入 削除

樹木

No	形状	中心 x [mm]	中心 y [mm]	葉下端 高さ[mm]	葉上端 高さ[mm]	樹幹半 径[mm]	透過率 [%]												
							1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
1	1円柱	5000	-6000	1000	5000	1000	100	100	50	20	20	20	20	20	20	20	20	20	50
2	2円錐	6500	-6000	1000	5000	1000	100	100	50	20	20	20	20	20	20	20	20	20	50

追加 挿入 削除

図 10.3.6 入力ファイル編集画面（隣棟面と樹木の入力）

入力ファイル編集
ファイル(F)

計算条件 座標と壁面 窓 隣棟面と樹木 **照度検討点**

照度検討点

代表点座標x [mm]

代表点座標y [mm]

代表点座標z(作業面高さ) [mm]

x方向配置間隔 [mm]

y方向配置間隔 [mm]

壁面との最低間隔 [mm]

図 10.3.7 入力ファイル編集画面（照度検討点の入力）

10.3.3 Daylighting の出力

Daylighting の出力は、以下の 4 種類のファイルからなる。出力ファイルは原則として CSV 形式のテキストデータとしており、編集や加工は Microsoft Excel®や各種テキストエディタで行う。

1) 時系列出力ファイル

毎時の日照条件、窓面照度・日射量とカーテンの開閉状況、室内の平均照度・日射量・均斉度、室内の最高・最低照度となる位置などを 1 時間ごとに出力する。

2) 月平均出力ファイル

各時刻の平均照度・均斉度などを、月ごとに平均した値を出力する。また、設定した基

準照度(目標照度)・基準均斉度(目標均斉度)を超えた時間数やカーテン使用時間数をカウントして出力する。

3) 毎時照度分布出力ファイル

毎時の室内照度検討点における照度分布を出力する。CSV 形式のほか、MicroAVS で読み込み可能な形式で出力できる。

4) 立体角投射率出力ファイル

室内に配置した各照度検討点から、窓・天空・隣棟面・樹木などそれぞれを見る立体角投射率(形態係数)の値を出力する。

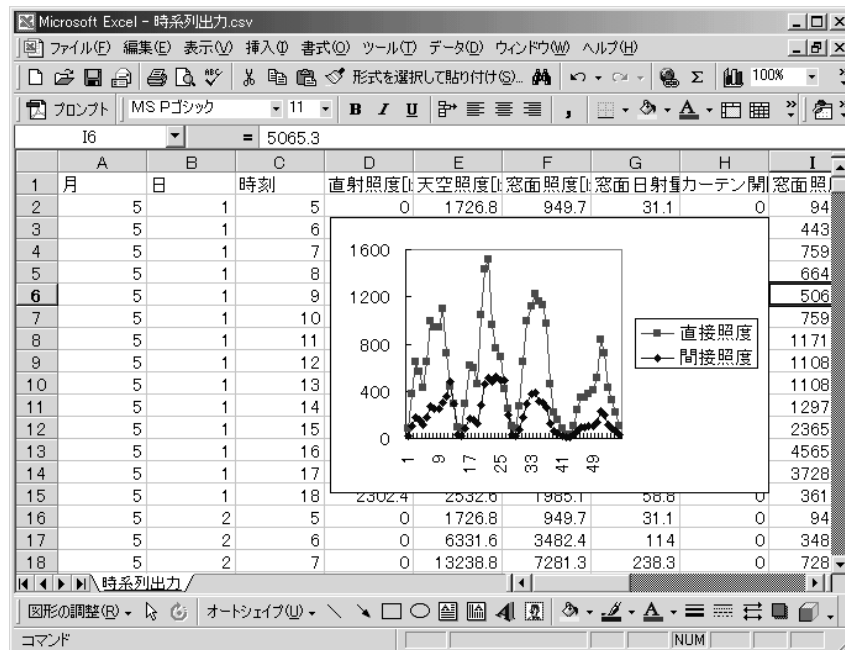


図 10.3.8 出力ファイル例(時系列出力ファイル)

Microsoft Excel - 月平均出力.csv

ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 挿入(I) 書式(O) ツール(T) データ(D) ウィンドウ(W) ヘルプ(H)

プロント MS Pゴシック 9 B I U

B2 = 5

	A	CC	CD	CE	CF	CG	CH	CI
1	月	12時平均照度窓1カーテン係窓2カーテン係100以上				200以上	300以上	12時平均均斉
2	1	5272.783314	0	0	1	1	1	9.18E-02
3	2	6423.730497	0	0	1	0.964285714	0.964285714	9.49E-02
4	3	8909.580796	0	0	1	1	1	9.34E-02
5	4	7714.837902	0	0	1	1	1	0.121657055
6	5	6568.606417	0	0	1	1	1	0.100935358
7	6	4108.927044	0	0	1	1	1	0.132371474
8	7	5547.744245	0	0	1	1	0.967741935	0.110363946
9	8	8060.712483	0	0	1	1	1	9.13E-02
10	9	5447.192843	0	0	1	1	0.966666667	0.148204314
11	10	4638.205141	0	0	1	1	0.967741935	0.134056235
12	11	4084.698294	0	0	1	1	0.966666667	0.130541861
13	12	4681.376481	0	0	1	1	0.967741935	0.116198712
14								

図 10.3.9 出力ファイル例(月平均出力ファイル)

Microsoft Excel - 分布出力.csv

ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 挿入(I) 書式(O) ツール(T) データ(D) ウィンドウ(W) ヘルプ(H)

プロント MS Pゴシック 9 B I U

G18 = 308.79

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	1月1日7時									
2		X=500.0	X=750.0	X=1000.0	X=1250.0	X=1500.0	X=1750.0	X=2000.0	X=2250.0	X=2500.0
3	Y=3500.0	37.34	39.8	42.22	44.52	46.59	48.34	49.66	50.49	50.77
4	Y=3250.0	40.29	43.27	46.24	49.08	51.66	53.84	55.51	56.55	56.91
5	Y=3000.0	43.47	47.07	50.7	54.2	57.4	60.14	62.23	63.54	63.99
6	Y=2750.0	46.82	51.16	55.56	59.86	63.83	67.24	69.86	71.51	72.08
7	Y=2500.0	50.27	55.44	60.76	66.01	70.9	75.12	78.39	80.46	81.17
8	Y=2250.0	53.66	59.77	66.15	72.51	78.5	83.72	87.78	90.36	91.24
9	Y=2000.0	56.82	63.95	71.51	79.16	86.44	92.84	97.86	101.06	102.16
10	Y=1750.0	59.48	67.69	76.54	85.64	94.42	102.22	108.37	112.31	113.66
11	Y=1500.0	61.32	70.57	80.77	91.46	101.95	111.37	118.84	123.63	125.28
12	Y=1250.0	61.93	72.08	83.55	95.87	108.19	119.38	128.31	134.04	136.02
13	Y=1000.0	60.84	71.51	83.94	97.67	111.71	124.63	134.95	141.56	143.83
14	Y=750.0	57.59	68.08	80.68	95.05	110.1	124.11	135.27	142.35	144.76
15	Y=500.0	51.88	61.11	72.43	85.7	99.91	113.22	123.74	130.33	132.55
16	1月1日8時									
17		X=500.0	X=750.0	X=1000.0	X=1250.0	X=1500.0	X=1750.0	X=2000.0	X=2250.0	X=2500.0
18	Y=3500.0	257.13	268.67	280.06	290.85	300.59	308.79	315.01	318.89	320.21
19	Y=3250.0	270.96	284.98	298.93	312.28	324.41	334.67	342.5	347.4	349.07
20	Y=3000.0	285.9	302.84	319.89	336.35	351.41	364.25	374.08	380.26	382.37

図 10.3.10 出力ファイル例(毎時照度分布出力ファイル)

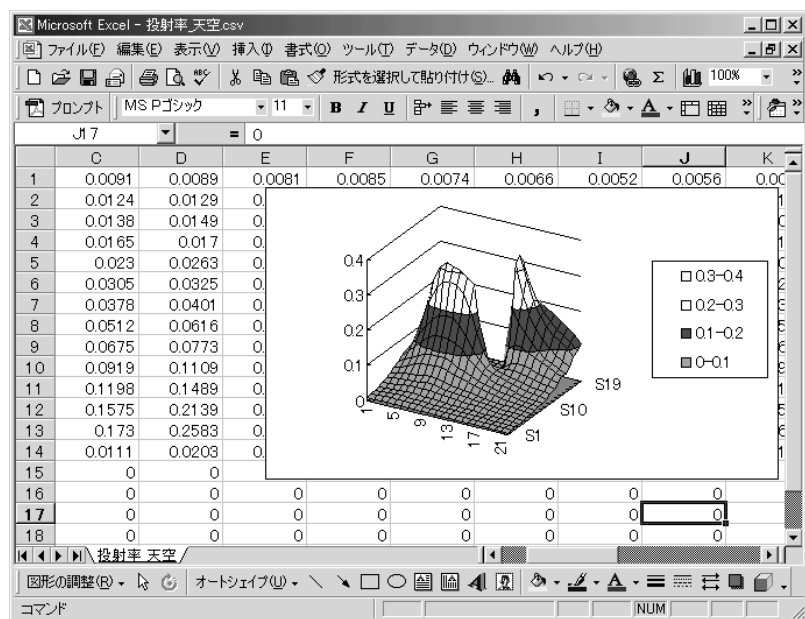


図 10.3.11 出力ファイル例(投射率出力ファイル)

10.3.4 Daylighting の計算理論

Daylighting の計算フローの概要を示す。以下、フローに従って Daylighting の計算方法を説明する。

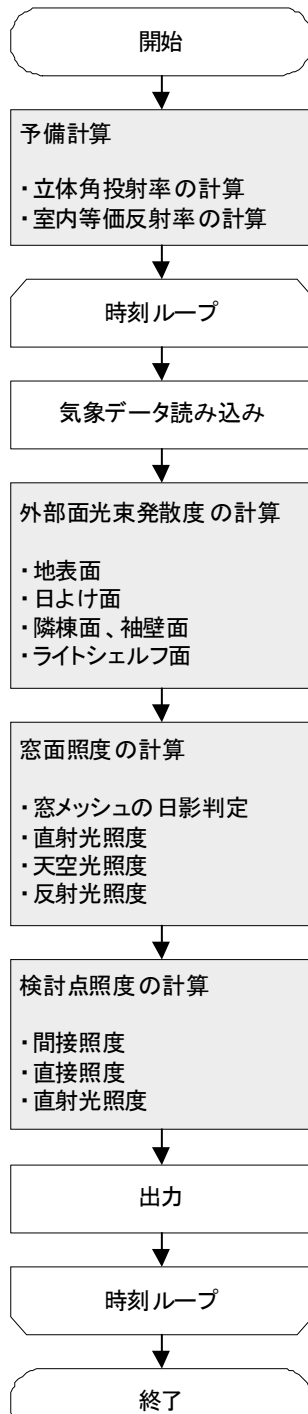


図 10.3.12 計算フロー

1) 予備計算

本計算の前に、

- 照度検討点から窓（窓メッシュ）を見る立体角投射率、および窓メッシュの先に見える外部面（または天空）の判定
- 室内等価反射率の計算

を行っておく。

(1) 立体角投射率の計算

立体角投射率は、下図において窓（窓メッシュ）を底円上に投影した形状 $A'B'C'D'$ の面積を底円面積（=円周率 π ）で除した値として定義される。

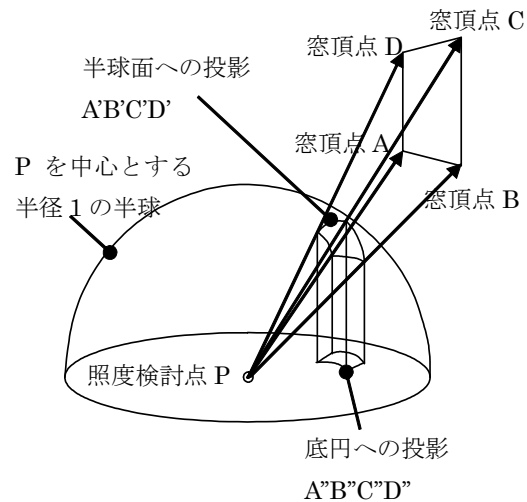


図 10.3.13 立体角投射率

Daylighting では、以下の手順で立体角投射率を算出している。

1. 検討点 P から窓頂点（実際には分割された窓メッシュ頂点）へのベクトル PA , PB , PC , PD を求める。
2. 各ベクトルをその長さで除すと、検討点を中心とした半径 1 の半球面上の投影点への単位ベクトル PA' , PB' , PC' , PD' となる。

3. 以下の式でおうぎ形 $PA'B'$ の面積 $S_{PA'B'}$ を求める ($r = \text{半径} = 1$)。

$$S_{PA'B'} = \pi r^2 \cdot (\theta_{A'PB'} / 2\pi) = \theta_{A'PB'} / 2$$

ここで、 $\theta_{A'PB'}$ はおうぎ形 $PA'B'$ の中心角 [rad] で、ベクトルの内積を用いて $\cos \theta_{A'PB'} = \mathbf{PA}' \cdot \mathbf{PB}' / (|\mathbf{PA}'| |\mathbf{PB}'|) = \mathbf{PA}' \cdot \mathbf{PB}'$ から求める。同様におうぎ形の面積 $S_{PB'C'}$, $S_{PC'D'}$, $S_{PD'A'}$ を求める (下図参照)。

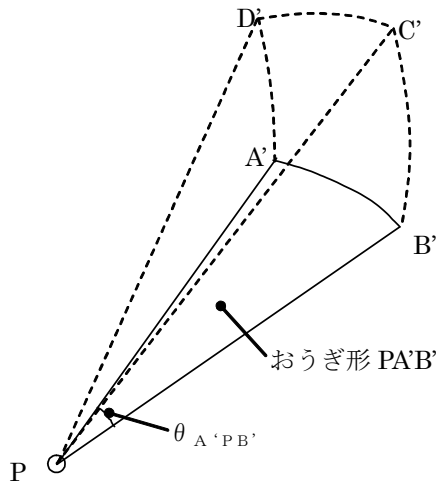


図 10.3.14 検討点と球面上の投影点からなる図形

4. ベクトルの外積から、おうぎ形 (面) $PA'B'$ の外向き単位法線ベクトル $\mathbf{n}_{PA'B'}$ を求める。

$$\mathbf{n}_{PA'B'} = \mathbf{PA}' \times \mathbf{PB}' / |\mathbf{PA}' \times \mathbf{PB}'|$$

同様にして、他のおうぎ形面の外向き単位法線ベクトル $\mathbf{n}_{PB'C'}$, $\mathbf{n}_{PC'D'}$, $\mathbf{n}_{PD'A'}$ を求める。

5. おうぎ形 $PA'B'$ を底円に投影した形状 $PA''B''$ の面積 $S_{PA''B''}$ を求める。おうぎ形の単位法線ベクトルと底円の単位法線ベクトル $\mathbf{n}_0 = (0, 0, 1)$ のなす角を θ とすると、 $S_{PA''B''}$ は次式で与えられる ($n_{z_{PA'B'}}$ は $\mathbf{n}_{PA'B'}$ の z 成分)。

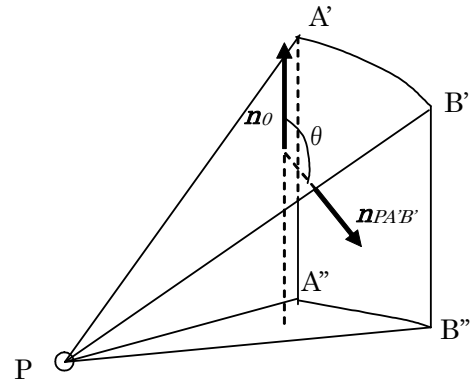


図 10.3.15 おうぎ形の単位法線ベクトル

$$S_{PA''B''} = -S_{PA'B'} \cos \theta = -S_{PA'B'} \cdot n_{z_{PA'B'}}$$

式中の負号は、下図に示すようにおうぎ形面の法線ベクトル z 成分が正 (上向き) の場合には負、負 (下向き) の場合には正とするために導入したもので、他のおうぎ形の投影面積 $S_{PB''C''}$, $S_{PC''D''}$, $S_{PD''A''}$ も同様に算出する。

(鉛直断面図)

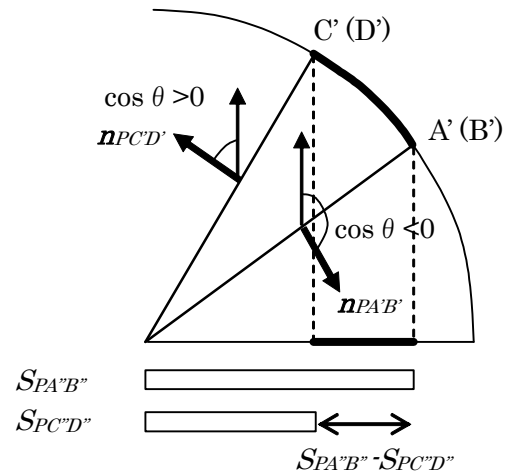


図 10.3.16 おうぎ形の底円への投影 (鉛直模式図)

6. 各おうぎ形の底面への投影面積を集計し、立体角投射率の定義に従い窓 (メッシュ) の投射率 U を求める。

$$U = \frac{S_{PA''B''} + S_{PB''C''} + S_{PC''D''} + S_{PD''A''}}{\pi}$$

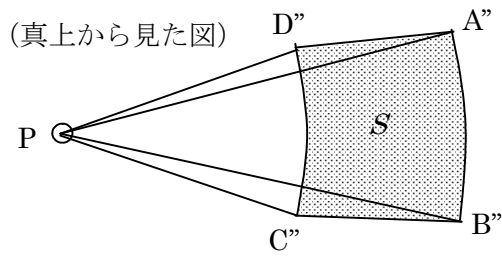


図 10.3.17 おうぎ形の底円への投影(水平模式図)

(上図の場合、 $\text{SPA}''\text{B}'' > 0$, $\text{SPB}''\text{C}'' > 0$, $\text{SPC}''\text{D}'' < 0$, $\text{SPD}''\text{A}'' > 0$ となる)

このように算出した窓メッシュに対する立体角投射率 U を全メッシュについて和をとり、窓全体の立体角投射率を算出する。

さらに、検討点から窓メッシュ中心位置へ向かうベクトルが、窓外部および室内で日射遮蔽物に当たるかどうか、当たるならばその物体は何かをあらかじめ判定しておく。

(2) 室内等価反射率の計算

間接照度計算用に、室内の等価反射率を以下の手順で算出しておく。

1. 空間の構成面を、作業面高さより上の部分と下の部分に分割し、それぞれ面積を求める。
2. 同様に、設置された窓を作業面高さより上の部分と下の部分に分割し、それぞれ面積を求める。
3. 作業面より下方と上方それぞれの表面積、および「表面積×反射率」を集計し、面積加重の平均反射率 ρ_{m1} , ρ_{m2} を算出する。

$$\rho_{m1} = \frac{\sum_{\text{下}} (\text{表面積} \times \text{反射率})}{\sum_{\text{下}} \text{表面積}}$$

$$\rho_{m2} = \frac{\sum_{\text{上}} (\text{表面積} \times \text{反射率})}{\sum_{\text{上}} \text{表面積}}$$

4. 次式により、作業面下方・上方の等価反

射率 ρ_1 , ρ_2 を求める。

$$\rho_1 = \frac{A\rho_{m1}}{S_1 - (S_1 - A)\rho_{m1}}$$

$$\rho_2 = \frac{A\rho_{m2}}{S_2 - (S_2 - A)\rho_{m2}}$$

A : 作業面面積 [m^2]

S_1 : 作業面より下方の表面積 [m^2]

S_2 : 作業面より上方の表面積 [m^2]

ρ_{m1} : 作業面下方の等価反射率 [-]

ρ_{m2} : 作業面上方の等価反射率 [-]

2) 気象データの読み込み

Daylighting の計算では SMASH 形式の気象データを使用する。計算に使用する項目は法線面直達日射量・水平面天空日射量、および太陽高度・太陽方位である。

日射量を照度に変換するには、大気圏外における法線面照度を 134,000 [lx]、法線面日射量を 1,164 [kcal/m²h] と仮定し、以下の換算係数を使用する。

$$\begin{aligned} \alpha &= 134000/1164 \\ &= 115.12 \text{ [lx/(kcal/m}^2\text{h)]} \end{aligned}$$

3) 外部面光束発散度の計算

各時刻の計算では、まず外部日射遮蔽物等における光束発散度を算出する。原則として各面は完全拡散面を仮定し、一部を除き計算対象建物自身や外部物体の相互作用による影響は無視する。

(1) 地表面の光束発散度

地表面は水平と仮定し、以下の式で光束発散度を算出する。

$$R_g = r_g (S_d \sin h + S_s)$$

R_g : 地表面光束発散度 [rlx]

r_g : 地表面反射率[-]

S_d : 法線面直射光照度[lx]

S_s : 水平面天空光照度[lx]

h : 太陽高度[rad]

i : 傾斜面に対する日射の入射角

θ : 面の傾斜角

h : 太陽高度,

A : 太陽方位角

A_θ : 面の方位角

(2) 日よけ面の光束発散度

日よけ面の窓に面した側の表面光束発散度は次式で計算する。

$$R_s = r_s R_g + t_s S_s$$

R_s : 日よけ面光束発散度[rlx]

r_s : 日よけ面反射率[-]

t_s : 日よけ透過率[-]

R_g : 地表面光束発散度[rlx]

S_s : 水平面天空光照度[lx]

(3) 隣棟面の光束発散度

隣棟面の表面光束発散度は次式で計算する。

$$R_n = r_n (J_d + J_s + J_r)$$

R_n : 隣棟面光束発散度[rlx]

r_n : 隣棟面反射率[-]

J_d : 傾斜面直射光照度[lx]

J_s : 傾斜面天空照度[lx]

J_r : 傾斜面反射照度[lx]

なお、傾斜面に入射する各種照度は以下の公式から算出する。

$$J_d = S_d \cos i$$

$$= S_d \{ \cos \theta \sin h + \sin \theta \cosh \cos(A - A_\theta) \}$$

$$J_s = \frac{1 + \cos \theta}{2} S_s$$

$$J_r = 1 - \frac{1 + \cos \theta}{2} R_g$$

S_d : 法線面直射光照度[lx]

S_s : 水平面天空照度[lx]

R_g : 地表面光束発散度[rlx]

(4) ライトシェルフ面の光束発散度

ライトシェルフ表面の光束発散度は次式で計算する。設置壁からの光束を考慮する。

$$R_l = r_l (U_s S_s + U_g R_g + U_n R_n)$$

R_l : ライトシェルフ面光束発散度[rlx]

r_l : ライトシェルフ面反射率[-]

U_s : ライトシェルフから空を見る投射率[-]

S_s : 水平天空照度[lx]

U_g : ライトシェルフから地面を見る投射率[-]

R_g : 地表面光束発散度[rlx]

U_n : ライトシェルフから壁を見る投射率[-]

R_n : ライトシェルフ設置面の光束発散度[rlx]

4) 窓面照度の計算

外部日射遮蔽物の光束発散度計算に続き、窓面における入射光束(窓面照度)の計算を行う。

(1) 直射光受照率の計算

立体角投射率計算時と同様に窓をメッシュ分割し、それぞれのメッシュに直射光が入射するかどうかを判定する。手順を以下に示す。

1. 各メッシュに対し、直射光受照率として 1.

- 0 をセットする
2. メッシュの中心から太陽位置に向かうベクトルを考え、外部日射遮蔽物に当たるかどうか判定する。
3. 隣棟面・袖壁面に当たる場合、直射光受照率=0 とする。樹木・日よけ面に当たる場合、それぞれの透過率を乗じる。複数の樹木・日よけ面に当たる場合は透過率を複数回乗じる。
4. 窓全体の直射光受照率 D_w を次式で求める。

$$D_w = \frac{\sum \text{各メッシュの直射光受照率}}{\text{全メッシュ数}}$$

(2) 窓面照度の計算

窓面における照度は、傾斜面における各種照度として次式で求める。

$$E_{wd} = D_w \cdot S_d \{ \cos \theta_w \sinh + \sin \theta_w \cosh \cos(A - A_w) \}$$

$$E_{ws} = \frac{1 + \cos \theta_w}{2} S_s$$

$$E_{wr} = 1 - \frac{1 + \cos \theta_w}{2} R_g$$

E_{wd} : 窓面直射光照明度[lx]

E_{ws} : 窓面天空光照明度[lx]

E_{wr} : 窓面反射光照明度[lx]

R_g : 地表面光束発散度[rlx]

D_w : 窓の直射光受照率[-]

S_d : 法線面直射光照明度[lx]

S_s : 水平面天空照度[lx]

θ_w : 窓面の傾斜角

h : 太陽高度

A : 太陽方位角

A_w : 窓面の方位角

なお、窓下部にライトシェルフが設置されている場合は、窓からライトシェルフを見る投射率に応じて地表面光束発散度とライトシェルフ光束発散度の加重平均をとる。

5) 検討点における照度の計算

最終的なアウトプットとなる検討点照度は、以下の3種類の照度の和として求める。

■ 間接照度

■ 直接照度

■ 直射光照明度

(1) 間接照度の計算

間接照度は、窓から入射した光束で少なくとも1回室内の壁面等で反射したのち作業面に上方から入射する光束による照度として定義される。

計算手順を以下に示す。

- それぞれの窓における下向き入射光束 F_1 [lm]・上向き入射光束 F_2 [lm]を求め、集計する。カーテンを使用していない場合、4)算出されている窓面照度を以下のように分配する。

$$F_1 = (\tau M R) A_w \cdot (E_{wd} + E_{ws})$$

$$F_2 = (\tau M R) A_w \cdot E_{wr}$$

τ : 窓(ガラス)の透過率[-]

M : 窓(ガラス)の維持率[-]

R : 窓の有効面積率[-]

A_w : 窓面積[m²]

E_{wd} : 窓面直射光照明度[lx]

E_{ws} : 窓面天空光照明度[lx]

E_{wr} : 窓面反射光照明度[lx]

カーテンを使用している場合には次式で計算する。

$$F_1 = (\tau M R) A_w \cdot \tau_c \{ k_s \cdot E_{wd} + (k_d \cdot E_{wd} + E_{ws} + E_{wr}) \cdot (1 + \cos \theta_w) / 2 \}$$

$$F_2 = (\tau M R) A_w \cdot \tau_c (k_d \cdot E_{wd} + E_{ws} + E_{wr}) \cdot (1 - \cos \theta_w) / 2$$

τ_c : カーテンの透過率[-]

θ_w : 窓面の傾斜角

k_s : カーテンの直射光直進率[-]

k_d : カーテンの直射光拡散率[-]

- 次式(作業面切断公式)により、間接照度を求める。

$$E_r = \frac{(\sum F_1 \rho_1 + \sum F_2) \cdot \rho_2}{A \cdot (1 - \rho_1 \rho_2)}$$

E_r : 間接照度[lx]

A : 作業面面積[m²]

ρ_1 : 作業面より下方の等価反射率[-]

ρ_2 : 作業面より上方の等価反射率[-]

なお、Daylighting では室内の間接照度は検討点位置によらず一様として扱っている。

(2) 直接照度の計算

直接照度は、検討点から窓を通して見える物体(天空を含む)から直接入射する光束による照度である。

カーテンを使用していない窓に対しては、検討点から窓を通して見える外部面(または天空)の投射率とその面の光束発散度(または天空照度)を乗じ、窓に対して和をとる。

$$E_{d1} = \sum_{\text{カーテンなし窓}} \left\{ \tau MR \cdot \left(U_s R_s + \sum_{\text{隣棟・外壁}} U_n R_n + U_{sky} S_s \right) \right\}$$

E_{d1} : カーテン不使用窓からの直接照度[lx]

U_s : 検討点から日よけを見る投射率[-]

R_s : 日よけ面の光束発散度[rlx]

U_n : 隣棟・袖壁を見る投射率

R_n : 隣棟面・袖壁面の光束発散度[rlx]

U_{sky} : 天空を見る投射率[-]

S_s : 水平面天空照度[lx]

τ : 窓(ガラス)の透過率[-]

M : 窓(ガラス)の維持率[-]

R : 窓の有効面積率[-]

カーテンを使用している窓に対しては、窓面全照度をもとにカーテン表面の光束発散度を計算し、窓全体の投射率を乗じる。ここではカーテンは完全拡散性を仮定する。

$$E_{d2} = \sum_{\text{カーテンあり窓}} \{ U_w \cdot \tau_c \cdot \tau MR \cdot (E_{wd} + E_{ws} + E_{wr}) \}$$

E_{d2} : カーテン使用窓からの直接照度[lx]

U_w : 検討点から窓全体を見る投射率[-]

E_{wd} : 窓面直射光照度[lx]

E_{ws} : 窓面天空光照度[lx]

E_{wr} : 窓面反射光照度[lx]

E_{d1} と E_{d2} の和が検討点における直接照度となる。

(3) 直射光照度の計算

窓を通して検討点に入射する直射光による照度の計算手順を示す。

1. 検討点を始点として太陽位置へ向かうベクトルが、いずれかの窓を通過するかどうかを判定する。窓を通過しない場合、直射光照度は 0 とする。
2. 窓を通過した場合、外部日射遮蔽物(隣棟、袖壁)と交差するかどうか判定する。交差した場合、直射光照度は 0 とする。
3. 日射遮蔽物と交差しない場合、以下の式で直射光照度を算出する。

$$E_s = \tau_c k_s \cdot \tau_w \cdot \tau MR \cdot S_d \cosh$$

E_s : 検討点における直射光照度[lx]

S_d : 法線面直射光照度[lx]

h : 太陽高度

τ : 窓(ガラス)の透過率[-]

M : 窓(ガラス)の維持率[-]

R : 窓の有効面積率

τ_c : カーテンの透過率[-]

k_s : カーテンの直射光直進率[-]

τ_w : 樹木・日よけの透過率[-]

(4) 検討点全照度の計算

空間の間接照度と、各検討点における直接照度・直射光照度の和が、その検討点における全照度 E [lx] となる。

$$E = E_r + E_{d1} + E_{d2} + E_s$$

10.3.5 Daylighting の検証

今回開発した Daylighting の計算の妥当性および精度を検証するため、

- 精細ソフトウェアとのベンチマーク
- 実測データとの比較

を行った。

1) 精細プログラムとのベンチマーク

比較検討対象としたソフトウェアは「INSPIRER」および「LVECS」である。

「INSPIRER」(INTEGRA 社)は、建築の照明シミュレーション等に使用されている市販のソフトウェアであり、アルゴリズムとしてはモンテカルロ法を採用している。「LVECS」は、自立循環型住宅開発委員会[A5]WG で開発したプログラムで、アルゴリズムには光束伝達法を採用している。いずれも Daylighting と比較して高精度な照度分布の計算が可能であり、計算精度の比較検討対象として適当であると考えられる。

検証には主に「INSPIRER」を使用した。

2) 計算条件および検討結果

精細プログラムとのベンチマークでは、アルゴリズムおよびモデル化手法の妥当性検証を目的とするため、比較的単純な形状の室およびその壁面に窓を設置したものを計算対象モデルとした。全計算ケースに共通の計算条件を表 10.3.1 に示す。

計算対象モデルケースとその計算結果を以下に示す。

(1) 窓数および窓方位に関する検証(5ケース)

正方形平面の空間の壁面に 1 ヶ所あるいは複数ヶ所に窓を設け、室内の昼光照度分

表 10.3.1 共通計算条件

項目	設定
天空条件	一様天空
地表面反射率	0.20
照度検討点	床上750mm,500mm間隔で配置
室内反射率	床面0.30、壁面0.50、天井面0.70(完全拡散面とする)
窓特性	入射角・傾斜角等によらず 透過率0.90、保守率0.80

布の計算結果を INSPIRER の結果と比較した。これらの計算では、太陽光は天空光のみ考慮した。

各ケースの展開図(床面を中心に壁面を外側に倒した図。天井面は省略)を示す。窓はすべて掃出し窓とした。

Daylighting と INSPIRER の計算結果を表 10.3.2 に示す。照度分布を比較した例として、ケース A-3 の計算結果の等値線図を図 10.3.19 に示す。

これらを見ると、両者の計算結果(特に平均照、最高照度となる位置とそこでの照度、全体としての分布形状)は非常によく一致しており、Daylighting が十分な計算精度を有していることがわかる。

最低照度となる位置、およびその位置での照度には多少の相違が見られるが、これは Daylighting では照度が各位置から窓をのぞむ立体角投射率に比例するため窓から遠ざかるほど照度が低くなるのに対し、INSPIRER では側壁面での反射により壁面近傍で照度がやや増加するためと考えられる。

ただし、図 10.3.19 に示した、最も差の大きいケース A-3 についても全体的にはほとんど

の位置でほぼ等しい照度となっており、計算精度的には十分であるといえる。

計算時間を比較すると、計算ケース A 1 の場合、INSPIRER では収束までに約 3 分(XEON2.8GHz dualCPU 2G メモリ)を要するのに対し、Daylighting では約 3 秒と大幅に短縮される。

Daylighting では、年間を通して気象データを用いた計算を行っても高々数分程度で計算が完了する。精度と計算時間のバランスでは非常に良好な結果が得られたといえる。

表 10.3.2 計算結果比較 (ケースA)

ケース	平均照度 [lx]	最高照度となる位置と照度	最低照度となる位置と照度
A1(I)	431	(2750, 250)4209	(5750, 5250)93
A1(D)	428	(2750, 250)4159	(5750, 5750)136
A2(I)	827	(1750, 250)4359	(750, 4750)202
A2(D)	816	(1750, 250)4296	(250, 5750)263
A3(I)	1584	(250, 1250)5037	(5250, 4750)396
A3(D)	1599	(250, 1250)5055	(5750, 5750)494
A4(I)	1607	(4250, 250)4504	(250, 2250)776
A4(D)	1599	(4250, 250)4535	(250, 2750)720
A5(I)	2300	(250, 1250)5147	(5250, 3250)924
A5(D)	2353	(250, 1250)5276	(5750, 3250)933

※(I)はINSPIRER、(D)はDaylightingの計算結果

※座標原点は床面の南西(左下)隅とする。

(以下の比較検討でも同様)

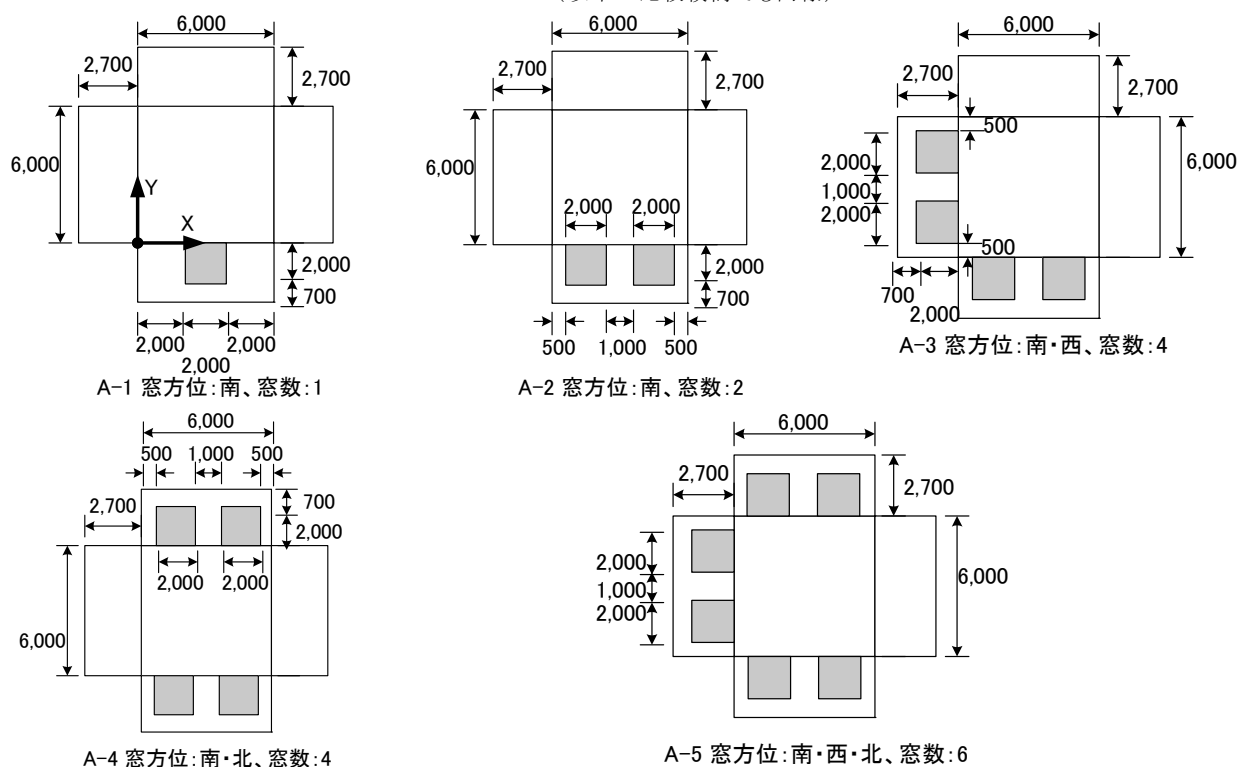


図 10.3.18 計算対象空間モデル(ケースA)

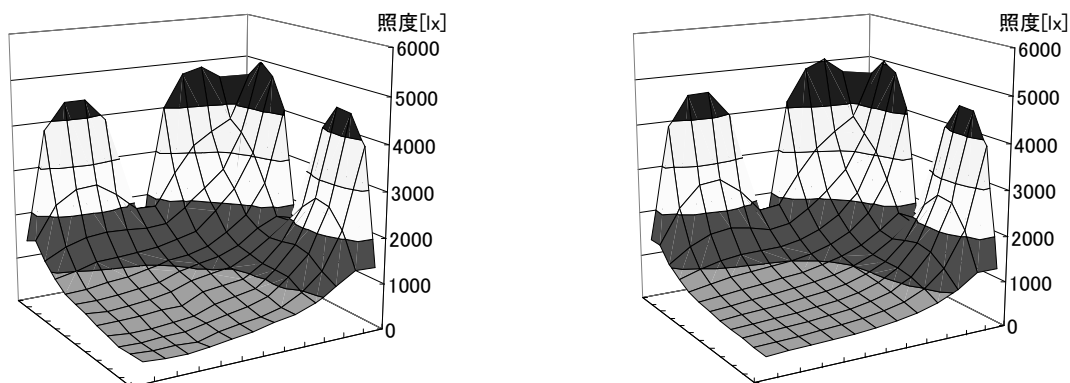
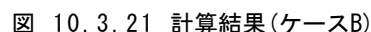
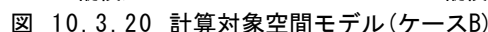


図 10.3.19 計算結果(ケースA-3、上: INSPIRER、下: Daylighting)

集合住宅への適用などに関しては注意が必要であろう。



- 865 -

(2) 天井高・天窓等に関する検討(4ケース)

床面は(1)と同様の正方形平面とし、天井高さを変化させた場合や傾斜天井とした場合、および天窓が設置ある場合について計算結果を比較した。太陽光は天空光のみ考慮した。

計算結果の例として、ケース C-4 での

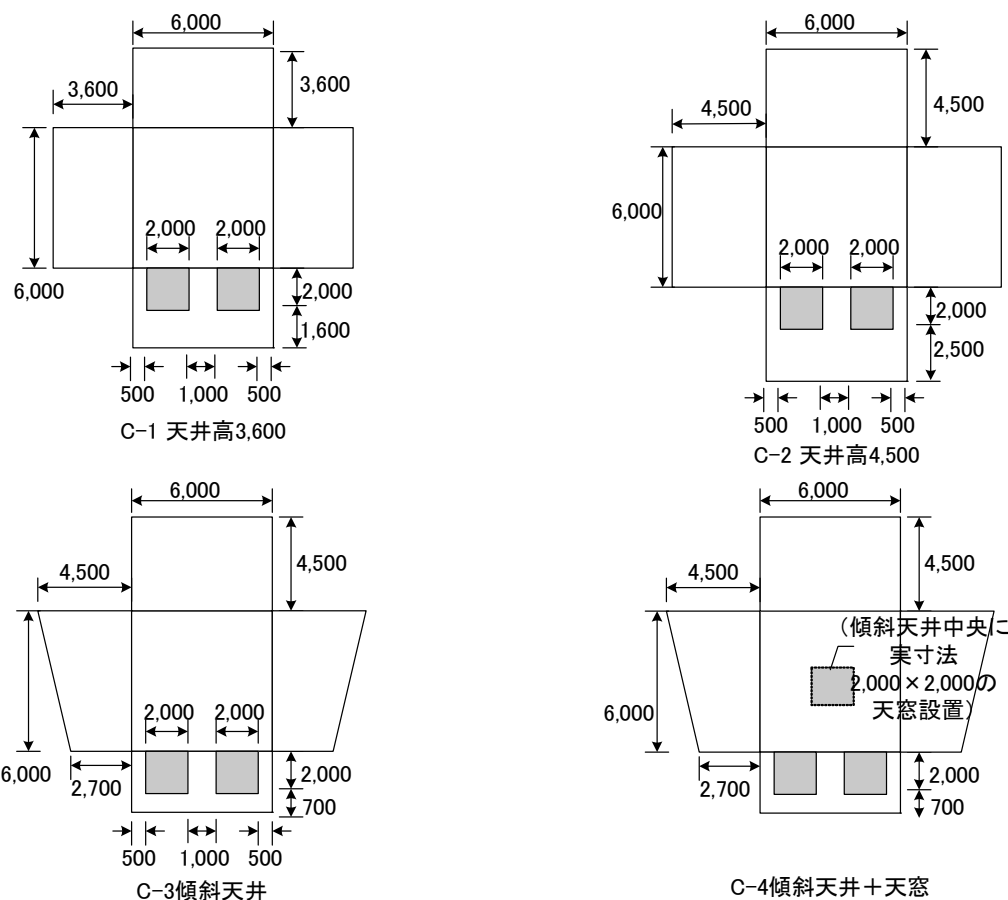


図 10.3.22 計算対象空間モデル(ケースC)

照度分布を図 10.3.23に示す。ケース C-4 は、C)の 4 ケース中で最も Daylighting と INSPIRER の差が大きく、平均照度で 150[lx]程度の差が生じた。

窓近傍での照度には差は無いが、壁面近傍での照度の差がやや大きい。

天窓があるために室内への光束が大きく、室内壁面での反射光の影響が他のケースより顕著に現れたことが原因と考えられる。

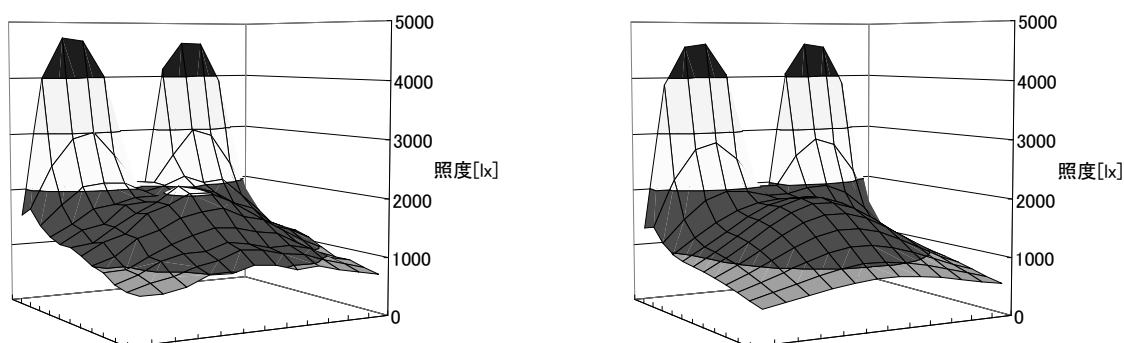
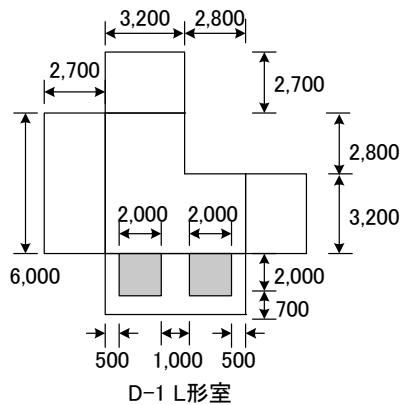


図 10.3.23 ケースC4の照度計算結果(左: INSPIRER、右: Daylighting)

ただし、平均照度が約 1500[lx]と大きい
ため、相対的には両者の差は大きくはない。

なお、ケース C1～C3 に関しては INSPIRERと Daylighting で計算結果にほとんど
差は無かった(平均照度で差は 20[lx]以下)。

(3) 矩形以外の平面形状の検討(2ケース)



L形の平面形状、および室内に袖壁がある
場合について、計算結果を比較した。太
陽光は天空光のみ考慮した。

ケース(B)の検証と同様に、間接照度計
算手法の影響により袖壁背後の照度分布
については精度が良くないことが予想され
た。結果(図 10.3.25)を見ると、袖壁背後
で 100lx 以上の差が見られることや、窓と
壁面が正対して位置的にも近接してい
るため、袖壁近傍(窓側)で壁面反射光の
有無による差が顕著に現れ、200[lx]以上
の差が生じる位置も見られた。

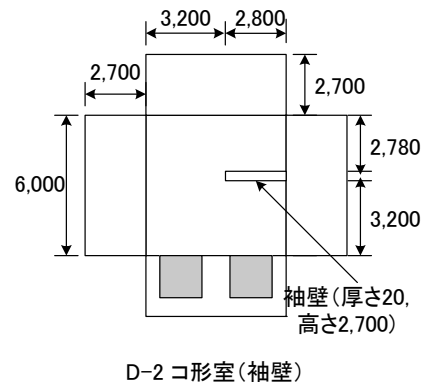


図 10.3.24 計算対象空間モデル(ケースD)

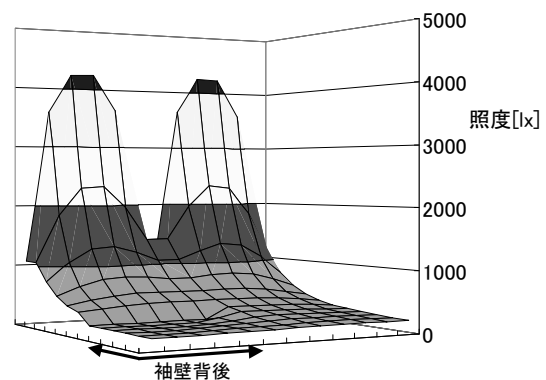
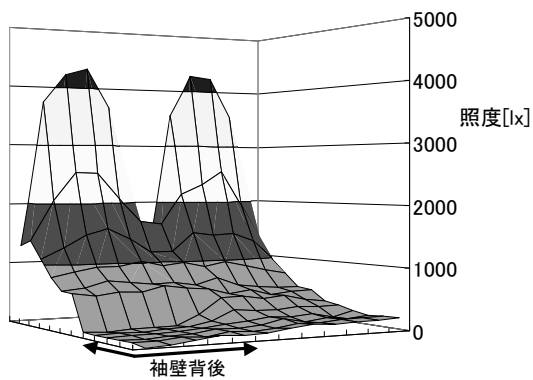


図 10.3.25 ケースD2の照度計算結果(左: INSPIRER、右: Daylighting)

(4) 直射光および太陽位置に関する検討(6ケース)

ここまでの検討では天空光のみを考慮し、
直射光を無視して行った。ここでは直射光
のおよび太陽位置を考慮して計算を行い、
両者の結果を比較した。

計算結果を表 10.3.4に示す。直射光を

考慮した場合の計算結果は、定性的な照
度分布は一致するものの定量的にはかなり
の差がみられる。原因として、①室内への
光束が大きく、Daylighting で間接照度の
評価が過大となっている(最低照度が大き
くなる)。②日なた・日陰の境界位置付近で、
INSPIRER は比較的滑らかに照度が変化
するのに対し、Daylighting では急激に照

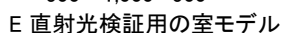


表 10.3.3 計算条件 (ケースE)

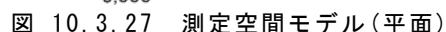
※水平面天空光照度は一律15,000[lx]

ケース	平均照度 [lx]	最高照度 [lx]	最低照度 [lx]
E-1(I)	8,551	50,369	739
E-1(D)	7,512	57,648	2,164
E-2(I)	4,246	35,629	887
E-2(D)	7,057	77,043	2,039
E-3(I)	7,476	54,596	949
E-3(D)	10,079	65,972	2,420
E-4(I)	9,817	36,995	970
E-4(D)	9,983	37,186	2,094
E-5(I)	15,736	52,286	1,521
E-5(D)	12,547	58,249	2,955
E-6(I)	9,045	27,698	1,083
E-6(D)	8,881	27,758	1,845

昼光照度計算プログラム Daylighting のベンチマーク結果をまとめると以下のようになる。

- ### 3) 実測データとの比較

測定を行った空間を、Daylighting では以下のようにモデル化した。



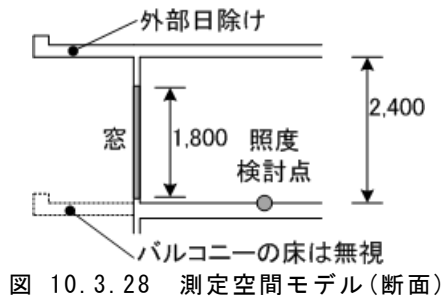


図 10.3.28 測定空間モデル(断面)

表 10.3.5 計算条件

項目	値
各面反射率	床面:0.3 壁面:0.5 天井面:0.7 外部日除け(バルコニー) 表面:0.3 地表面:0.2
窓透過率など	透過率×保守率×窓面積 有効率:0.8×0.9×0.9 レースカーテン(常時閉) 透過率:0.3

各種物性値は、実測住戸の条件をもとに以下の値を用いた。測定値と計算結果の比較、および気象条件等を図 10.3.29および図 10.3.30に示す。

上図において、「実測値補正」の値は実測値から室内照明器具点灯時間帯に 400lx を差し引いた値を示している。

気象データは、実測時に測定された全天日射量を宇田川の式で直散分離して直達・天空日射量を算出し、太陽位置は拡張 AMeDAS 気象データの「土浦」(1989/4/29～5/4)の値を用いた。

結果を見ると両者の値は非常に良く一致している。気象データを見ると測定期間内には直射光の無い日(5/3)と有る日が見られるが、どちらの場合も定量的に良い再現性を示している。

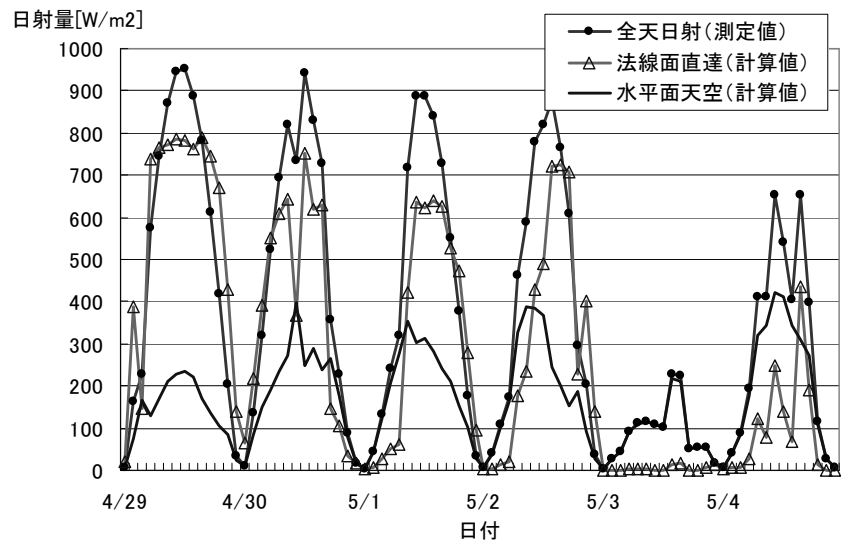


図 10.3.29 気象条件(全天日射測定値と直散分離した値)

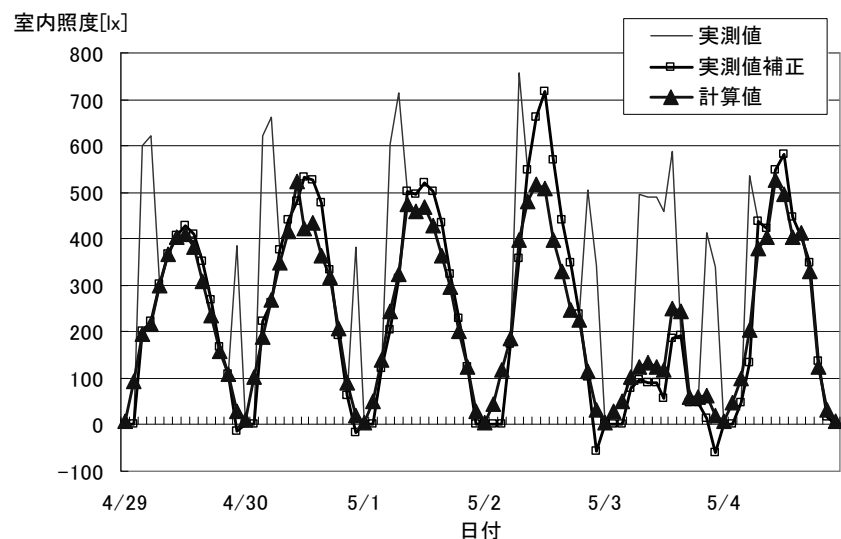


図 10.3.30 実測値と計算結果

10.3.6 ケーススタディ

1) 計算条件

Daylightingを用いた開口部設計での昼光シミュレーション利用の例として、暖冷房負荷計算プログラム SMASH と組み合わせてケーススタディを行った。

計算対象室の展開図を図 10.3.31に示す。室は住宅内の 1 室を想定し、ベンチマークテスト時と同様に直方体の仮想的な空間とした。

窓を 2 ヶ所に設置した壁面の向きを主方位とし、方位をパラメータとした。また、窓高さをパラメータとして変化させた。主方位から±90° 方向の壁面には窓はそれぞれ 1 ヶ所設置し、窓サイズは固定とした。

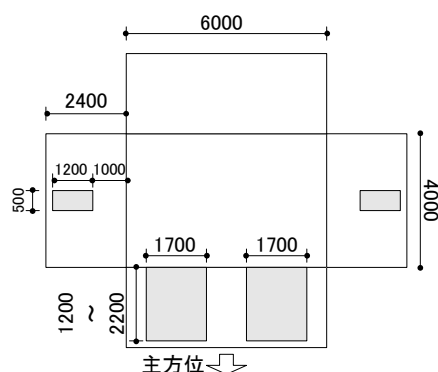


図 10.3.31 計算対象室展開図

主方位と反対側の面は間仕切り壁を想定し、開口部は設置していない。熱負荷計算上は計算対象室と等温で変動する室に隣接しているものとして扱った。天井面についても同様の扱いとした。床面は床下空間に接しているものとした。したがって、外気に接する面は壁面 3 方向および床面である。これらの面に関しては、熱負荷計算において次世代省エネ基準を満たす程度の熱貫流率となるように層構成を設定した。それぞれの面の物性値を表 10.3.6に、その他の計算条件を表 10.3.7

および表 10.3.8に示す。

表 10.3.6 各種物性値

部位	層構成	K値	ρ
外壁(3面)	合板 10mm グラスウール16K 100mm せっこうボード 10mm	0.402	50
間仕切り面	せっこうボード 10mm 中空層 20mm せっこうボード 10mm	1.965	50
天井面	せっこうボード 10mm 中空層 20mm せっこうボード 10mm	1.965	70
床面	合板 10mm グラスウール16K 100mm 合板 10mm	0.394	30

K値:熱貫流率[W/m²K]、 ρ :室内側可視光反射率[%]

表 10.3.7 計算条件 (SMASH)

熱負荷計算の主な固定計算条件	
暖房設定	20°C(6~24時)
冷房設定	27°C・60%(6~24時)
室内発熱・在室人数	標準問題スケジュール(LDK)に従う
人工照明	18~24時のみ使用、標準問題スケジュール(LDK)に従う

表 10.3.8 計算条件 (Daylighting)

昼光照度計算の主な固定計算条件	
窓保守率	0.90
窓面積有効率	0.95
外部日射遮蔽物	なし
照度検討点	500mm間隔、壁面との最低間隔=500mm

シミュレーションにおいて変化させたパラメータは、主方位、主方位外壁の窓サイズ(2 ヶ所)、窓(ガラス)物性値の 3 種類とし、これらを組合せた 18 ケースについて計算を行った。主方位以外の窓(東西 1 ヶ所ずつ)に関しては、サイズは固定(500mm×1200mm)とし、物性値のみを変化させた。計算に用いたパラメータの値を表 10.3.9に示す。

今回のケーススタディでは、窓のカーテンは常時開放されているものとした。従って、各照度検討点における照度は一般に直射光の

影響を受けている。なお、気象データにはSMASH 用気象データ(東京)を用いた。

表 10.3.9 計算パラメータ

項目	パラメータ		
主方位	北		南
主方位窓サイズ[mm]	L(1700×2200)	M(1700×1600)	S(1700×1200)
窓(ガラス)物性値	単板(SC=1.00, K=6.51, τ =0.90)	複層(SC=0.90, K=4.65, τ =0.82)	低放射複層(SC=0.70, K=4.07, τ =0.72)

SC: 日射遮蔽係数[-], K: 熱貫流率(サッシ含む)[W/m²K], τ : 可視光透過率[-]

2) 計算結果

(1) 窓(サッシ)性能および主方位の比較

窓ガラスおよびサッシを変化させた場合の熱負荷と昼光環境への影響を図 10.3.32 および図 10.3.33 に示す。照度の評価判断基準として、ここでは床面平均照度が 250[lx] および 500[lx] を超過した時間数をカウントし、可照時間数(今回の計算では年間に 4290 時間)に対する比を算出した。

この結果を見ると、複層ガラス・低放射ガラスともに暖房負荷削減効果を有するが、冷房負荷削減にはほとんど効果が現れていない。したがってガラスの高性能化だけでは冷房負荷削減は望めず、適切な日射遮蔽が必要であることが確認できた。照度の面からは、低放射ガラスの場合単板と比較して基準照度を上回る時間が 2~4%(約 100~200 時間)減少しており、窓の断熱性能向上と室内昼光環境改善とのトレードオフが認められる。仮にこの 200 時間に 300[W] の人工照明を使用したとすれば、年間消費エネルギーは 216[MJ] となり、低放射ガラス使用による冷暖房負荷の削減量と比較すると約 1/10 程度となり、消費エネルギーの面からは低放射ガラスが有利である。

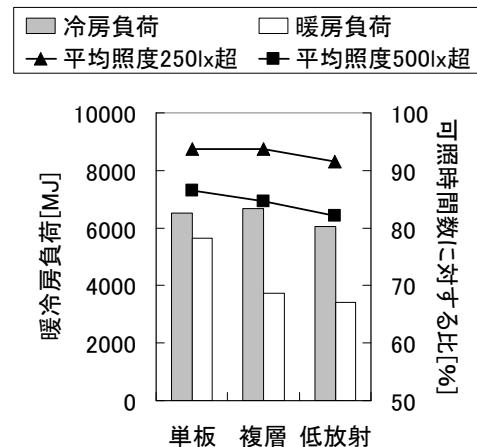


図 10.3.32 年間熱負荷と基準照度を越える時間数(主方位: 北、窓サイズ: L)

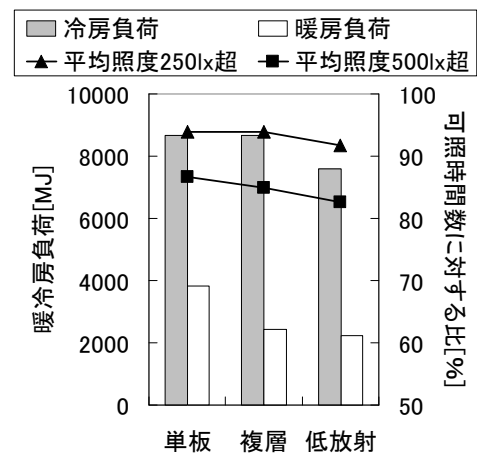


図 10.3.33 年間熱負荷と基準照度を越える時間数(主方位: 南、窓サイズ: L)

同一性能の窓で比較すると、主方位が南の場合に暖冷房負荷が 2~8%ほど大きく、基準値以上の昼光照度が得られる時間数は南北で差がないものの、均斉度では主方位が北の場合が優れていた(均斉度が 1/10 を超える時間率は、北 72%・南 65%、1/6 を超える時間率は北 64%・南 52%)。熱負荷と昼光照度という物理的な値から判断すれば、主方位が北であることは必ずしも不利ではないという結果となった。

(2) 計算結果: 窓サイズの比較

窓サイズを変化させた場合の熱負荷と

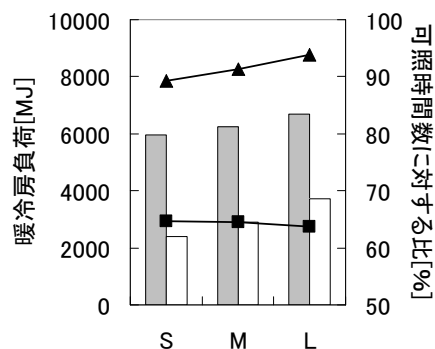
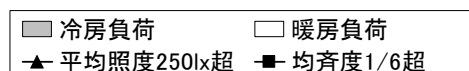


図 10.3.34 年間熱負荷と基準照度・均斉度を超える時間数(主方位:南、ガラス:複層)

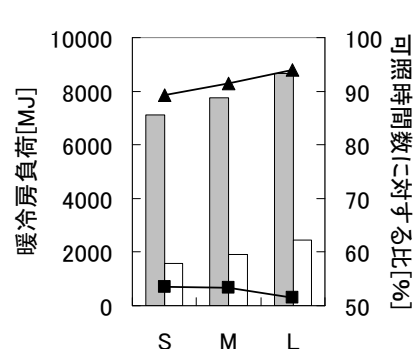
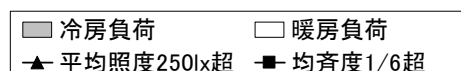


図 10.3.35 年間熱負荷と基準照度・均斉度を超える時間数(主方位:北、ガラス:複層)

昼光環境を図 10.3.33および図 10.3.34・図 10.3.35に示す。窓の大型化に伴い、熱負荷は窓面積率に比例して増大し、その一方で昼光環境はある程度の窓面積率以上では頭打ちになるのではないかと予想していたが、今回の計算条件では昼光環境も良化している。しかし、基準照度を超える時間数は 100%に近づいており、これ以上の窓面積増は昼光環境改善効果は小さいと考えられる。なお、南向きで窓サイズLの場合に均斉度が悪化しているが、照度検討点に直射光が入射するためと考えられる。

(3) 照度・均斉度の日変動

2 種類の主方位に対し、夏季および冬季における床面照度・均斉度(月平均値)の時刻変動を図 10.3.36および図 10.3.37に示す。照度は南向きの場合が大きく、

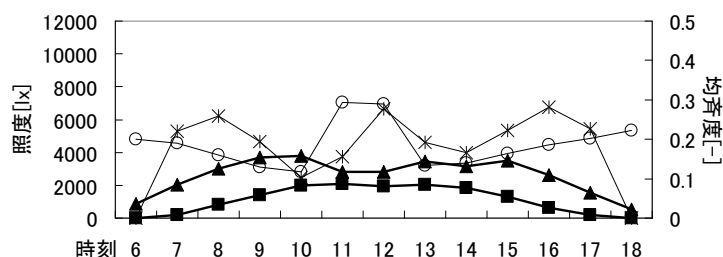
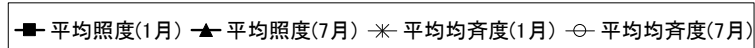


図 10.3.36 夏季と冬季の昼光環境変動(主方位:北、窓サイズ:L、ガラス:複層)

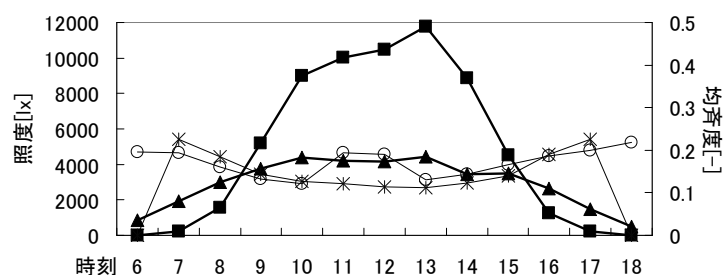
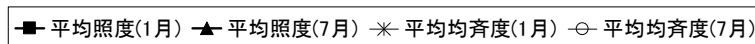


図 10.3.37 夏季と冬季の昼光環境変動(主方位:南、窓サイズ:L、ガラス:複層)

特に 1 月は受照面積が大きくなるため照度も際立って大きい。逆に均斉度は全体的に北向きの場合に高くなる。住宅の室内環境としてどちらが適しているかは難しい問題だが、北向きの場合にも日中の照度は基準値を十分満たす値であり、住まい方などを考慮して主室の向きは柔軟に設定して構わないのではないかと考えられる。

今回のケーススタディでは、住宅における開口部の変化による熱負荷と昼光環境の変動について考察した。

さらに開口部の最適設計を進めるために

は、検討項目に通風や音環境を加えることや、それらの同時シミュレーションや評価手法の確立が課題であろう。

10.3.7 まとめ

本委員会で開発した昼光照度計算プログラム Daylighting について、主な画面と計算方法を紹介し、精細プログラムとのベンチマークテストおよび実測データとの比較検討では、良好な結果が得られた。

また、Daylighting を用いた開口部シミュレーションの一例として、暖冷房負荷計算プログラム SMASH と組み合わせて行った

ケーススタディとその結果を示した。

参考文献

- 1: 昼光照明の計算法、日本建築学会
- 2: 図学入門 コンピュータ・グラフィックスの基礎、磯田浩・鈴木賢次郎、東京大学出版会
- 3: 宮島賢一・坂本雄三: 住宅における開口部の最適設計に関する基礎的研究 暖冷房負荷と昼光環境の検討、日本建築学会学術講演梗概集、2003.9

10.4 換気回路網計算プログラム「VentSim」の改良

10.4.1 概要

平成 11 年の次世代省エネルギー基準では省エネルギーの観点から住宅の気密性と換気回数に関する基準が示され、さらに平成 15 年の建築基準法の改正によって機械換気設備の設置と換気回数のも確保が義務付けられることとなった。

この短期間の気密性と換気設備の変化に住宅市場は容易に対応できたわけではなく、コストを抑え、確認申請も容易なダクトレスの 3 種換気システムが数多く採用されているのが実情である。

さて、第 3 種換気システムでは計画どおりに新鮮外気が室内に導入され、予定した経路、風量で確実に排気扇に導かれているか、またその結果として各居室の換気が必要換気回数で維持されているかどうかは定かでない。これを検証するには、竣工後に長期間にわたって測定を行うか、あるいはコンピューターシミュレーションで予測することが必要となる。当然、設計段階では後者のコンピューターシミュレーション以外に方法は考えられない。

VentSim は、換気回路網という手法を用いて多数室、多経路の換気風量バランスをコンピュータで計算するソフトウェアである。気象データを用いれば、時々刻々と変化する外気条件を考慮した給排気バランスを求めることもでき、通気の向き、風量、換気回数などを詳細に分析・評価することができる。したがって、せつけい段階で、導入する換気システムや通風などの効果、安定度を予測し、最適化を図ることが可能である。

これまで VentSim は建築研究所を中心に一部の研究者、技術者に活用されてきた。〔C1〕設計支援システム委員会では、より多くの実務家（設計者、施工者）に換気回路網を活用してもらうことを目的に、平成 15 年度より換気回路網計算プログラム「VentSim」の改良を行っている。

本報では、平成 15 年度と平成 16 年度に実施した VentSim の改良について記し、機能、使用方法について紹介する。

10.4.2 改良内容

〔C1〕設計支援システム委員会にて行った改良内容について概説する。

1) 〔C1〕委員会以前の VentSim

開発当初は QuickBasic で作成されて MS-DOS 上で起動していた。その後、F-BASIC に移植されて Windows 上で利用された。

平成 12 年度に Visual Basic に移植されて

Windows に本格的に対応し、以下の機能が追加された。

(1) 拡張アメダス気象データに対応

日本建築学会の拡張アメダス気象データを読み込んで計算に利用できるようになった。全国 842 地点の気象観測地点のデータ(HA

SP 形式)が利用できる。

(2) 外部風の高さ補正と風圧補正

周辺の土地利用形態に応じて計算対象高さにおける風速補正が行える。また、周辺建物の密集度に応じて外部風の影響を考慮するための圧力補正係数を導入した。

(3) 定風量開口

設定した差圧(正圧)で流量が一定(定風量)となる開口を追加した。主にダンパー機構付自然換気口を意図したものである。定風量となる差圧以下では、負圧時と正圧時で異なる特性値(A,N)を設定することもできる。

(4) 区間直線近似による送風機設定

任意の区間数、区間幅でその間を直線で

近似できる送風機を追加した。

(5) SRFと汚染質濃度計算

室毎の給気の充足度 SRF と、汚染質等の非定常濃度計算機能を追加した。

(6) SI単位が利用できる

入力と出力の圧力単位を従来の工学系(mmAq)の他に SI 単位系(Pa)が指定できるようになった。

(7) ウィンドウの統合

“計算設定ファイルの概要”、“モデルデータファイルの概要”、“実行中のジョブ”を表示するウィンドウを一つのメインフォームにまとめた。このメインフォームから計算の実行および計算結果や入力ファイルも編集することができるようになった。



ventsimの実行状態

複数のウィンドウが実行時の情報を表示する。



VentSim Ver.2の実行状態

一つウィンドウで情報表示、操作が行える。

図 10.4.1 [C1]委員会以前のVentSim

を考慮する。

2) 平成 15 年度の改良

平成 15 年度は、特にダクト系統の解析機能の追加に重点を置き、機械換気システムを含む換気経路の解析に必要な改良を行った。

(1) 換気システム登録ウィザード

フード、ダクト、送風機、グリルなどを含むダクト式機械換気システムの回路網をウィザード形式で作成することができる。

また、分岐・合流など 3 点以上の接続部を持つ部材にも対応できる。

(2) 換気システム部材特性データベース

換気システム部材と送風機の特徴及び P-Q 特性をデータベース化した。

「換気システム登録ウィザード」から検索して引用できる。

(3) 動圧変化部材への対応

片落ち管のような異径継手や合流・分岐チャンバーのように、部材の前後で動圧が変化するものに対応できる「動圧変化部」モデルを VentSim に加えた。

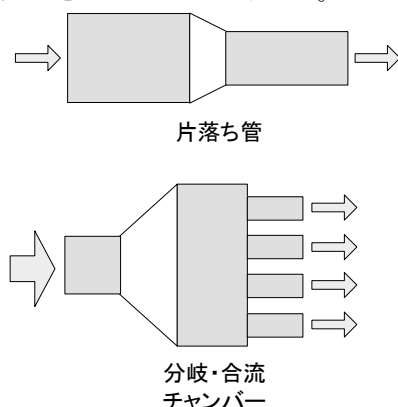


図 10.4.2 動圧変化部を用いる部材の例

「動圧変化部」モデルは、圧力損失係数 ζ を各流路の風量比の関数で定義するモデルである。静圧基準の特性値を用いる場合は、静圧再取得計算を行って動圧変化

3) 平成 16 年度の改良

平成 15 年度の改良では、換気回路網ウィザードとデータベースを開発し、複雑なダクト式換気システムの換気回路網を容易に出力できるようになった。

しかし、これだけでは「ダクト式換気システムのダクト系統のみ」という限定があり、開口部や隙間などの通気抵抗を加えた完成した換気回路網を作成することができない。

平成 16 年度は、多数室の室間又は外気との漏気・通風条件と換気システムの入力がウィザードで行えるように改良を行う。これにより、計算可能な換気回路網がウィザードだけで作成できるようになる。また、これにあわせて換気システム部材以外の通気条件（開口部や建具、隙間など）もデータベース化する。更に、換気回数や汚染質濃度、SRF、通気量を表形式や時系列グラフで表示し、計算結果の理解を補助する機能も設ける。

以下に平成 16 年度の改良の要点をまとめる。

(1) 入力ウィザード機能の改良

室間通気特性の入力機能を追加した。また、C 値から求めた総隙間面積を空間毎に任意して分配する補助機能を追加した。また、換気回路網ウィザード機能を VentPre (Excel で作成された VentSim 用入力データ設定シート) のから VentSim 本体へ移動し、回路チェック機能を追加した(図 10.4.3)。

(2) 計算結果の表示と保存機能の追加

通気の向きと仮想ノードを考慮した空間の通気量を計算する機能を追加した。

また、全ての計算結果をバイナリファイルで記録し、これを読み込んで表やグラフで結果を表示する機能も追加した。表やグラ

フは時系列計算に対応し、印刷や保存も可能である。

(3) 計算エンジンの改良

入力及び出力機能の変更に伴い、以下の修正を行った。

- ・隙間抵抗モデルを追加
- ・空間のプロパティに仮想フラグを追加し、仮想ノードを考慮するように修正
- ・ファン付開口の開口部抵抗のキャンセル機能を追加して送風機モデルに変更

(4) データベースの改良

開口部や隙間のデータベースを追加した。

上記改良により、「換気回路網の作成から表示まで」の作業の大半を VentSim で実行することができるようになった。

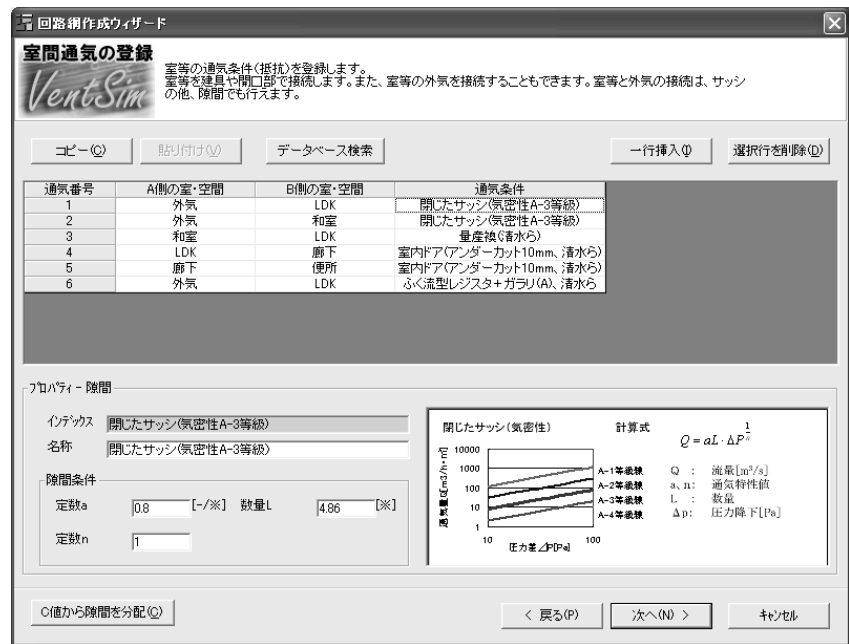


図 10.4.3 入力ウィザード画面

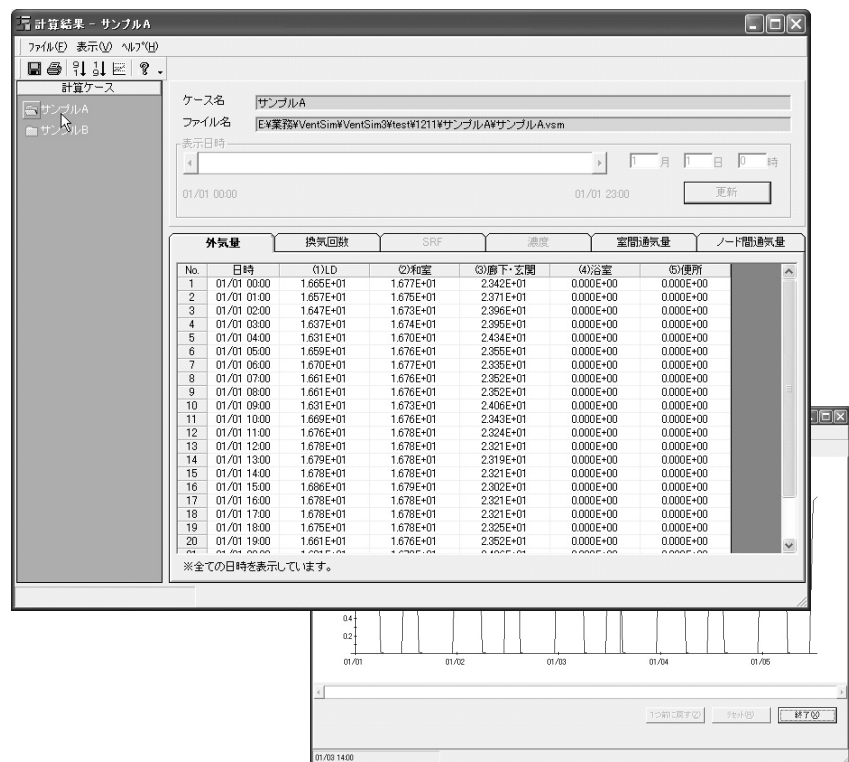


図 10.4.4 計算結果の表示例

10.4.3 VentSim の概要

1) 換気経路と回路網

空気流動が可能な様々な開口（窓、出入口、換気口、隙間など）を、流動抵抗を持つ枝とし、開口でつながる空間を節点と考える。

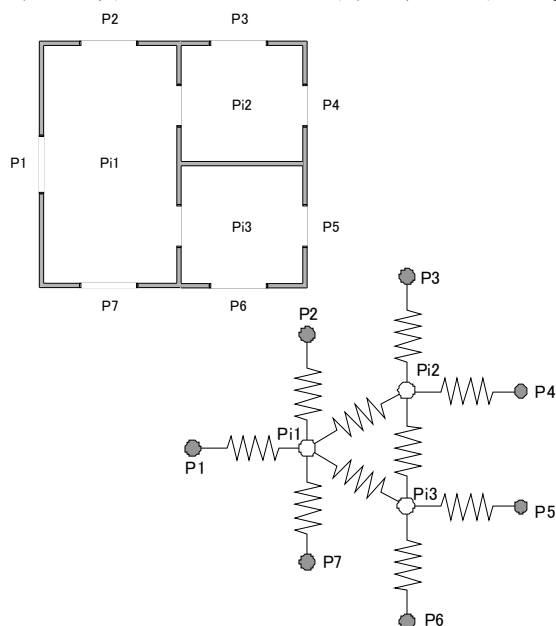


図 10.4.5 多数室の回路イメージ

複数の節点と開口で構成される多数室の換気経路は、図 10.4.5 のような回路表示で表現できる。P1 から P7 は開口部の外側の全圧である。Pi1 から Pi3 は、部屋の代表点の全圧（≒ 静圧）である。

2) 換気回路網の計算法

節点につながる枝の流量を Q_{i1} 、 Q_{i2} 、 \dots [m^3/s] とすると、節点 i に接続する n 本の枝管 b の流量について図 10.4.6 の風量収支が成り立つ。この式を節点方程式という。

ここに、 G は重量単位の流量 (kg/s) で、 γ は空気の比重量 (kg/m^3) である。したがって、上式は、節点 i における質量保存式となる。

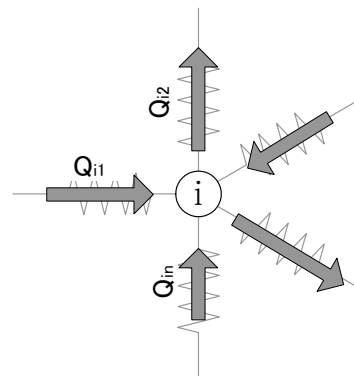


図 10.4.6 節点周りの風量収支

$$\sum_{b=1}^n G_{ib} = \sum_{b=1}^n Q_{ib} \gamma_{ib} = Q_{i1} \gamma_{i1} + Q_{i2} \gamma_{i2} + \dots + Q_{in} \gamma_{in} = 0$$

..... 式 10.4.1

ただし、VentSim では γ を $1.205 (\text{kg/m}^3)$ に固定している。この場合、図 10.4.6 は、節点 i における次式の体積流量の保存式となる。

$$\sum_{b=1}^n Q_{ib} = Q_{i1} + Q_{i2} + \dots + Q_{in} = 0$$

..... 式 10.4.2

VentSim では、全ての節点で図 10.4.6 を全ての節点で満足する連立方程式を用い、節点圧力 P_i を求める圧力仮定法で換気計算を行っている。

3) 連立方程式の解法

VentSim では各節点における風量収支の多元連立非線形方程式を Newton-Raphson 法を用いて解いている。

節点の風量収支を $f_i(P_1, P_2, \dots, P_n) = 0$ ($i = 1, 2, \dots, n$) とすると、

$$\begin{bmatrix} f_1(P_1, P_2, \dots, P_n) \\ f_2(P_1, P_2, \dots, P_n) \\ \vdots \\ f_n(P_1, P_2, \dots, P_n) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial P_1} & \frac{\partial f_1}{\partial P_2} & \dots & \frac{\partial f_1}{\partial P_n} \\ \frac{\partial f_2}{\partial P_1} & \frac{\partial f_2}{\partial P_2} & \dots & \frac{\partial f_2}{\partial P_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial f_n}{\partial P_1} & \frac{\partial f_n}{\partial P_2} & \dots & \frac{\partial f_n}{\partial P_n} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta P_1 \\ \Delta P_2 \\ \vdots \\ \Delta P_n \end{bmatrix} = 0$$

..... 式 10.4.3

となる ΔP に関する連立一次方程式を解くことにより近似解が求められる。

VentSimでは、式10.4.3の解法としてSOR法(逐次緩和法)を用いており、修正量 $\Delta P_i^{(k+1)}$ および更新値 $P_i^{(k+1)}$ は、以下の計算式で求めている。

$$\Delta P_i^{(k+1)} = a_{ii}^{-1} \left\{ b_i - \sum_{j=1}^{i-1} a_{ij} P_j^{(k+1)} - \sum_{j=i+1}^n a_{ij} P_j^{(k)} \right\}$$

($i=1, 2, \dots, n$) 式 10.4.4

$$P_i^{(k+1)} = P_i^k + \alpha \Delta P_i^{(k+1)} \quad \text{..... 式 10.4.5}$$

$$a_{ij} = \frac{\partial f_i}{\partial P_j} \quad \text{..... 式 10.4.6}$$

$$b_i = -f(P_1, P_2, \dots, P_n) \quad \text{..... 式 10.4.7}$$

4) 開口に作用する圧力差

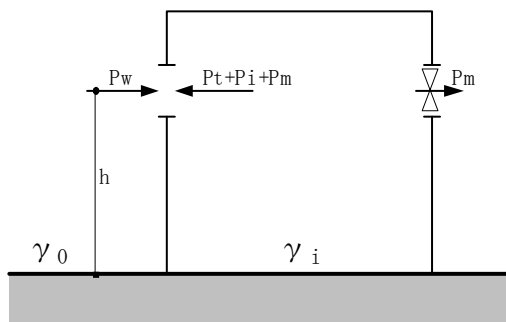


図 10.4.7 開口部に作用する圧力

上図のような外気に面する開口に作用する

圧力差は次式で示される。

$$\Delta P = P_{io} = P_i - P_o + P_t + P_m - P_w \quad \text{..... 式 10.4.8}$$

相対圧力を用いている。Pm は送風機など機械的動力によって生じる圧力で、給気送風機の場合は“正”、排気送風機の場合は“負”となる。

Pt は浮力で、以下の計算式で求められる。

$$P_t = P_i + (\gamma_o - \gamma_i)h \quad \text{..... 式 10.4.9}$$

γ_o : 外気の比重量[N/m³],
 γ_i : 室内空気の比重量[N/m³]

Pw は風圧で、以下の計算式で求める。

$$\Delta P = C_p \frac{\gamma_o}{2g} V_0^2 \quad \text{..... 式 10.4.10}$$

Pi および Po は、床面および地盤面における圧力で、VentSim では Po=0 とした。

風圧係数 Cp は、建物の形状や周囲構造物の密集度で変わり、建物の位置や周囲の状況に応じた分布を持つ。図 10.4.8は風圧係数を求める風洞実験結果の例である。

5) 開口部の通気特性

VentSim では、以下の開口部について体積流量 Q[m³/s]を求めている。回路網作成ウィザードで用いる換気システム部材データベースは、いずれかの通気特性を用いて計算シートに出力している。

(1) 単純開口

単純開口は、解放された窓や出入口、大きな隙間などに次式で適用する。

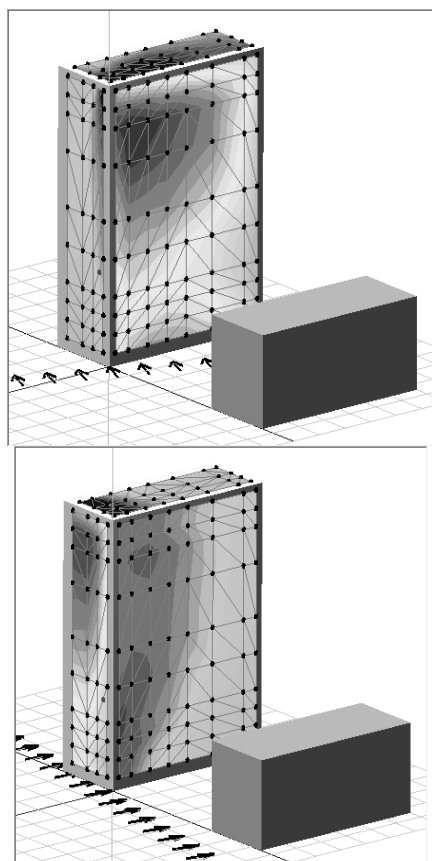


図 10.4.8 風圧係数の分布
(風洞実験結果をハソコンで可視化したもの)

$$Q = \alpha A \sqrt{\frac{2g}{\gamma}} \cdot \sqrt{\Delta P} \dots\dots\dots \text{式 10.4.11}$$

α : 流量係数、 A : 開口面積[m²]、 g : 重力加速度[m/s²]、 ΔP : 開口部の圧力差[Pa]、 γ : 空気の比重量[N/m³]

ただし、 γ は 1.205kg/m³ (20℃の乾燥空気の密度) で固定されている。

α は流量係数と呼ばれ、開口部の形状によって異なる値となる。

(2) 隙間

隙間や給排気口など様々な開口部を表現できる汎用性の高い通気特性である。回路網作成ウィザードでは、閉じたサッシや室内建具の他、ガラリ付ドアなどに用いている。

$$Q = aL \cdot \Delta P^{\frac{1}{n}} \quad \text{式 10.4.12}$$

a 、 n : 隙間の特性定数、 L : 隙間量

a と n は隙間の特性定数である。 a は単

位長さ当たりの特性の場合もあれば、面積や個体数の場合もある。隙間量 L は、 a の基準単位にあわせて定義される。

名称	形状	角度 β	$b/l=1:1$		$b/l=1:2$		$b/l=1:\infty$	
			ζ	α	ζ	α	ζ	α
一重はね出し窓		15	16.0	0.25	20.6	0.22	30.8	0.18
		30	5.65	0.42	6.90	0.38	9.15	0.33
		45	3.68	0.52	4.00	0.50	5.15	0.44
		60	3.07	0.57	3.18	0.56	3.54	0.53
		90	2.59	0.62	2.25	0.62	2.59	0.62
一重回転窓		15	11.1	0.30	17.3	0.24	30.8	0.18
		30	4.9	0.45	6.9	0.38	8.60	0.34
		45	3.18	0.56	4.0	0.50	4.70	0.46
		60	2.51	0.63	3.07	0.57	3.30	0.55
		90	2.22	0.67	2.51	0.63	2.51	0.63
二重はね出し窓		15	45.3	0.15	—	—	59.0	0.13
		30	11.1	0.30	—	—	13.6	0.27
		45	5.15	0.44	—	—	6.55	0.39
		60	3.18	0.56	—	—	3.18	0.56
		90	2.43	0.64	—	—	2.68	0.61
二重回転窓		15	14.8	0.24	30.8	0.18	—	—
		30	4.90	0.45	9.75	0.32	—	—
		45	3.83	0.51	5.15	0.44	—	—
		60	2.96	0.58	3.54	0.53	—	—
		90	2.37	0.65	2.37	0.65	—	—

窓の圧力損失係数・流量係数*4 [4]

b : 窓の幅、 l : 窓の長さ

出典: 建築設計資料集成 環境 日本建築学会編、丸善

図 10.4.9 流量係数の例

(3) 送風機

ファン特性で定義した P-Q 特性で風量を求める開口である。VentSim では、以下の 2 種類のファンが選択できる。

a Newton 近似による三次式で定義するファン

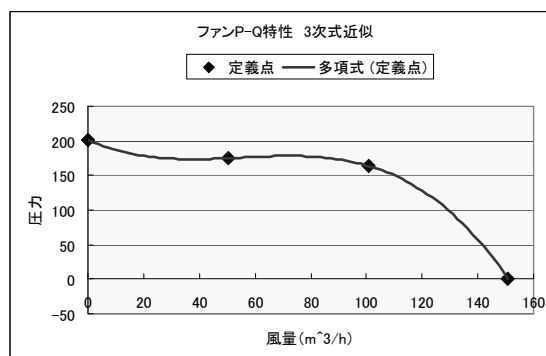


図 10.4.10 3次式近似の送風機モデル

4 点を通る三次曲線から風量を求める。
与えた点(P と Q)によっては複数の根(風

量)が存在する曲線となって回路網が解けない(収束しない)場合があるので注意が必要。

b 複数区間の直線近似で定義するファン

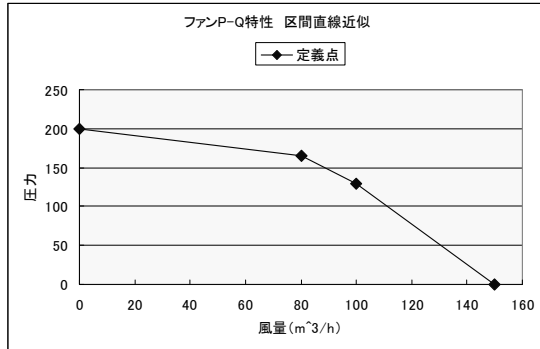


図 10.4.11 直線近似の送風機モデル

任意の数の点を結ぶ直線で送風機の特性を定義する。

(4) 建具

下図のような建具の特性を表すモデルで、式 10.4.13 で定義する。

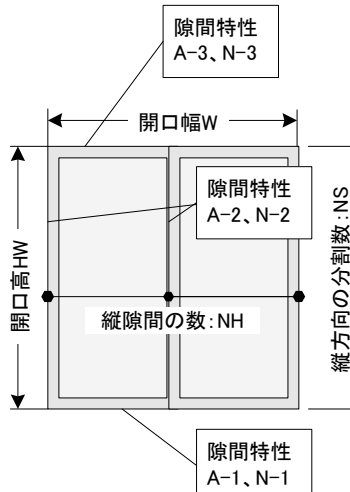


図 10.4.12 建具モデル

$$\begin{aligned}
 Q &= Q_1 + Q_2 + Q_3 \\
 Q_1 &= A_1 \cdot W \cdot \Delta P^{\frac{1}{N_1}} \\
 Q_2 &= \sum_{i=1}^{N_s} \left(A_2 \cdot \frac{H_w}{N_s} N_H \cdot \Delta P^{\frac{1}{N_2}} \right) \\
 Q_3 &= A_3 \cdot W \cdot \Delta P^{\frac{1}{N_3}}
 \end{aligned}
 \tag{式 10.4.13}$$

Q_1 : 下部横隙間の風量

Q_2 : 縦隙間の風量

Q_3 : 上部横隙間の風量

縦隙間の風量 Q_2 は隣接する2空間の温度差による浮力を考慮したものである。分割数 N_s で縦隙間を分割することで、温度差がある場合などは縦隙間の上下で異なる流入・流出量を考慮することができる。

(5) ダクト

室間や外気を結ぶダクトを設定する。ダクトの抵抗は、空気とダクト壁面の摩擦による摩擦抵抗と、曲がりなどの縮小・拡大などの形状変化に伴う局部抵抗を与えられる。

$$\text{摩擦抵抗 } \Delta P_r = \lambda \frac{L}{d} \cdot \frac{\gamma}{2g} \cdot u^2 \dots \text{式 10.4.14}$$

λ : 摩擦抵抗係数、 L : ダクトの長さ[m]、ダクトの直径[m]、 u : 流速[m/s]、

$$\text{局部抵抗 } \Delta P_s = \zeta \frac{\gamma}{2g} \cdot u^2 \dots \dots \text{式 10.4.15}$$

ζ : 局部抵抗係数

したがって、ダクトの風量 Q は次式で求めている。

$$Q = A \sqrt{\frac{\Delta P}{\gamma \frac{L}{d} \cdot \frac{\gamma}{2g} + \zeta \frac{\gamma}{2g}}} \dots \dots \text{式 10.4.16}$$

A : ダクトの面積

なお、ダクトではダクト内温度を入力して浮力も考慮している。ダクト内浮力 ΔP_t は次式で求める。

$$\Delta P_t = \left(\frac{353.2}{273.16 + T_d} \right) \cdot h_d \dots \dots \text{式 10.4.17}$$

T_d : ダクト内温度[°C]、 h_d : ダクト縦長さ[m]

(6) 定風量開口

流れの向き(圧力の正負)によって特性が異なる開口部や換気システム部材、さらに一定以上の圧力で風量が固定されるダンパー機構付部材などを検討するためのもの

のである。

定風量開口は、3つの区間に分けて特性値を入力する。

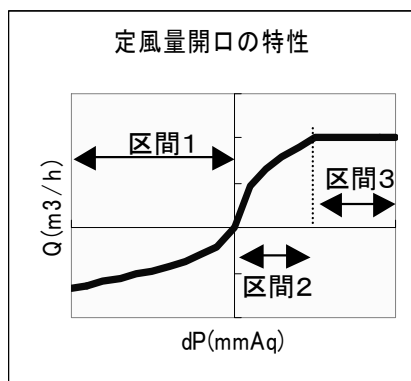


図 10.4.13 定風量開口の特性

区間1) 負圧の場合

圧力差で風量が変化する。

特性値:A-1、N-1

区間2) 0～定風量圧力まで

圧力差で風量が変化する。

特性値:A-2、N-2

区間3) 定風量圧力以上

定風量になる差圧以上で一定の流量となる。

特性値:A-3

上記区間1と2の風量Qは、以下の式で定義している。

$$Q = A \cdot \Delta P^{\frac{1}{N}} \quad \dots\dots\dots \text{式 10.4.18}$$

(7) 動圧変化部

従来のダクト設計法は全圧基準のP-Q特性を用いて風量を計算しているが、住宅用換気システム部材の多くは静圧基準のP-Q特性が用いられている。しかし、住宅の換気システム部材でも流入側と流出側で動圧が異なる場合があり、静圧基準の局所損失係数(抵抗係数)ζだけでは不十分である。また、合流や分岐を行うダクト継ぎ手(T管、Y管など)やチャンバーなど3本以上のダクトが接続する部材は、各枝ダクトの風

量比によって局所損失係数ζが変化することが知られている(参考文献1, 5)。このようなことから、VentSimでは“動圧変化部”と称する通気抵抗モデルを定義した。“動圧変化部”の扱いは以下のとおりである。

静圧基準の特性値を用いた場合、ノード間の差圧ΔPは次式で求める。

$$\Delta P = \Delta P_T - R \left(\frac{\gamma}{2g} v_1^2 - \frac{\gamma}{2g} v_2^2 \right) \quad \dots\dots\dots \text{式 10.4.19}$$

R: 静圧再取得率、ΔPT: 全圧差(Pa)。

また、3本以上のダクトが接続し、枝ダクトの風量比によって局所損失係数(抵抗係数)ζが変化する場合は、集約側(分岐元、又は合流先)を基準にした風量比の3次式でζを定義する。

$$Q_b = A \cdot \left(\frac{1}{\zeta} \frac{2g}{\gamma} \right)^{\frac{1}{2}} \Delta P |\Delta P|^{\frac{1}{2}} \quad \text{式 10.4.20}$$

$$\zeta = A_3 \cdot R_Q^3 + A_2 \cdot R_Q^2 + A_1 \cdot R_Q + A_0 \quad \dots\dots\dots \text{式 10.4.21}$$

Q_b: ノード間の風量(m³/h)

A: 流入側の断面積(m²)

g: 重力加速度(m/s²)、

γ: 空気の比重量(N/m³)

ΔP: ノード間の差圧(Pa)

A₃、A₂、A₁、A₀: 局所損失係数ζの3次近似式の係数、

R_Q: 流出風量/流入風量又は流出風速/流入風速

6) 給気の充足度SRFについて

換気を必要としている空間に新鮮空気をバランスよく供給することが重要である。また排気側としては、汚染質の発生箇所から他室へ漏出させることなしに屋外へ排出する必要もある。住宅の換気システムについてもこれが当てはまり、個々の空間についての換気状態の良し悪しを単一指標化する方法が必要とされる。

SRF は、澤地らが提案する換気性能指標^参考文献3, 4)で、風上の室で汚染質を希釈するのに余った新鮮空気を、他室への余剰新鮮空気として風下空間の換気に用いることができるという考えに基づいて定義されている。SRF は、換気の充足度(Supply Rate Fulfillment)を表す指標である。

N 室からなる住宅における新鮮空気量に関する保存則から、以下のような α_i に関する N 元1次連立方程式が成り立つ。

$$A_i + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N \alpha_j Q_{ji} - \alpha_i \left(B_i + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N Q_{ij} \right) - P_i = 0$$

..... 式 10.4.22

Qij:i室からj室へ流れる空気量 (m³/h)

Ai:i室に直接給気される外気量 (m³/h)

Bi:i室から直接外部へ排出される空気量 (m³/h)

Pi:i室の必要新鮮空気量 (m³/h)

α_i は i 室の余剰新鮮空気量率と呼び、 $\alpha_i = 1 - \sigma_i / \sigma_{Ci}$ で定義する。ここで、 σ_i は i 室の汚染質濃度、 σ_{Ci} は i 室の許容汚染質濃度なので、 $\alpha_i Q_i$ は、i 室の余剰新鮮空気量となり、 α_i が求まれば次式から i 室の SRF_i を計算することができる。

$$S_i = A_i + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N Q_{ji} \max(\alpha_j, 0) - \left(\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N Q_{ij} + B_i \right) \cdot \max(\alpha_i, 0)$$

$$P_i' = P_i + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N Q_{ji} \cdot \min(\alpha_j, 0)$$

$$SRF_i = \frac{S_i}{P_i'}$$

..... 式 10.4.23

ここで、P_i' は実質必要新鮮空気量率と呼ぶ。

7) 汚染質の濃度計算

汚染質濃度計算は、以下の手法で行う。

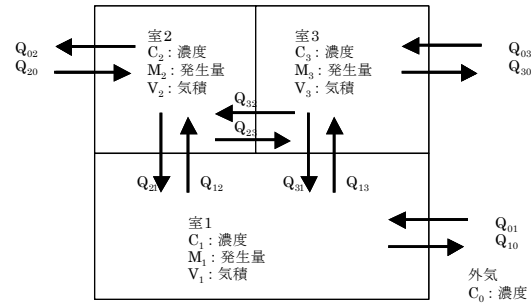


図 10.4.14 濃度計算イメージ

上記のような換気性状の室 1~3 の場合、微小時間 dt における室 1~3 の汚染質流入出収支に以下の関係が成り立つ。

$$V_1 dC_1 = M_1 dt + C_0 Q_{01} dt + C_2 Q_{21} dt + C_3 Q_{31} dt - C_1 Q_{10} dt - C_1 Q_{12} dt - C_1 Q_{13} dt$$

$$V_2 dC_2 = M_2 dt + C_0 Q_{02} dt + C_1 Q_{12} dt + C_3 Q_{32} dt - C_2 Q_{20} dt - C_2 Q_{21} dt - C_2 Q_{23} dt =$$

$$V_3 dC_3 = M_3 dt + C_0 Q_{03} dt + C_1 Q_{13} dt + C_2 Q_{23} dt - C_3 Q_{30} dt - C_3 Q_{31} dt - C_3 Q_{32} dt =$$

..... 式 10.4.24

したがって、全室数を m として上式を整理すると、以下の m 元連立微分方程式が得られる。

$$\frac{dC_n}{dt} = - \frac{\sum_{i=0}^m Q_{ni}}{V_n} C_n + \frac{1}{V_n} \left(M_n + \sum_{i=0}^m C_i Q_{in} \right)$$

..... 式 10.4.25

VentSim では、上式をルンゲクッタ法で解いている。

10.4.4 入力補助機能「回路網作成 ウィザード」の開発

「換気回路網を作成できなければ計算できない」「換気回路網を作るには理論を理解しなければならない」「各通気抵抗をモデル化するには、文献やカタログなどのちょうさ P-Q 特性グラフを数値化し、近似式を立てなければならない」「このような知識と手間を必要とするプログラムでは、研究者や開発的技術者以外の技術者が使いこなせない」

このような換気回路網への課題を解決するため、[C1]設計支援システム委員会では「換気回路網作成ウィザード」の開発を行ってきた。

換気回路網作成ウィザードは、一般の実務家でも回路網の作成が行えるように、入力インターフェースと換気システム部材特性値データベースを提供するガイド機能である。このウィザードで基本的な回路網を作成し、必要に応じて外気条件の設定、回路網の修正などが行えるようになっている。

以下に換気回路網作成ウィザードの概要を記す。

1) 回路網の作成

回路網の作成フローを図 10.4.15に示す。

回路網作成の初期段階は、室や空間、通気抵抗部材を登録し、回路網におけるノードやブランチを定義する。この時、データベースから情報を参照し、登録された通気特性値を回路網に引用する。

また、回路網作成の出力段階では、定義された回路網の整合性を確認し、問題があれば警告メッセージを表示して必要な措置を取る。

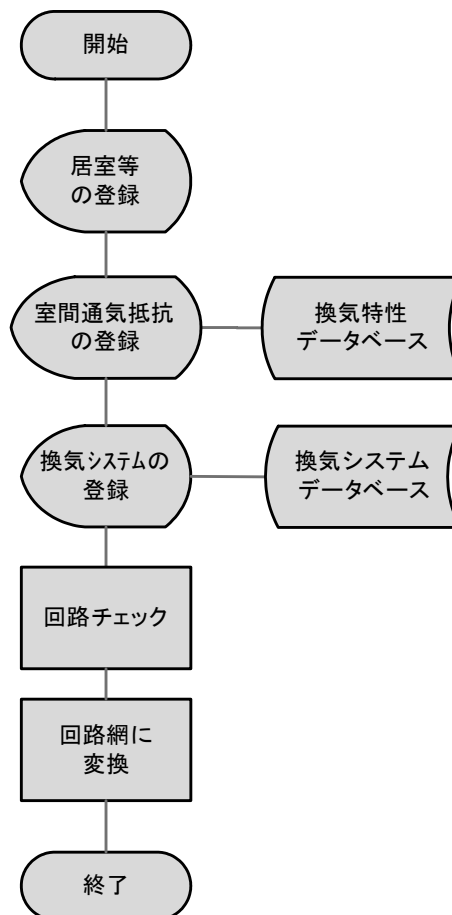


図 10.4.15 回路網の作成フロー

2) ウィザードの範囲

換気回路網作成ウィザードでは以下のことが可能である。

- ・居室や空間の設定
- ・空間と空間の関連付け
- ・窓、ドア等の開口部の設定
- ・ダクトや送風機などの設定

上記事項が入力されれば回路網も形成することができ、各空間の通気量を求めることが可能となる。

ただし、上記事項は回路網形成の必要条件であり、十分条件ではない。下記の事項に

については、回路網作成後、必要に応じて個別に設定しなければならない。

- ・外部条件（風向、風速、気温など）
- ・汚染質、SRF の計算条件など
- ・風圧係数
- ・室内温度条件（変動させる場合のみ）

3) ウィザードの概要

P-Q 特性などを記録している部材データベースを参照しながら室間の通気条件（サッシや建具、開口など）と、換気システム（ダクト系統を含む）をウィザード方式で登録し、換気回路網に変換することができる。回路網への変換時に入力データのチェックを行うので、不適切な回路による計算の不安定さを減らすことができる。

図 10.4.16より換気回路網ウィザードが開始される。この画面では回路網

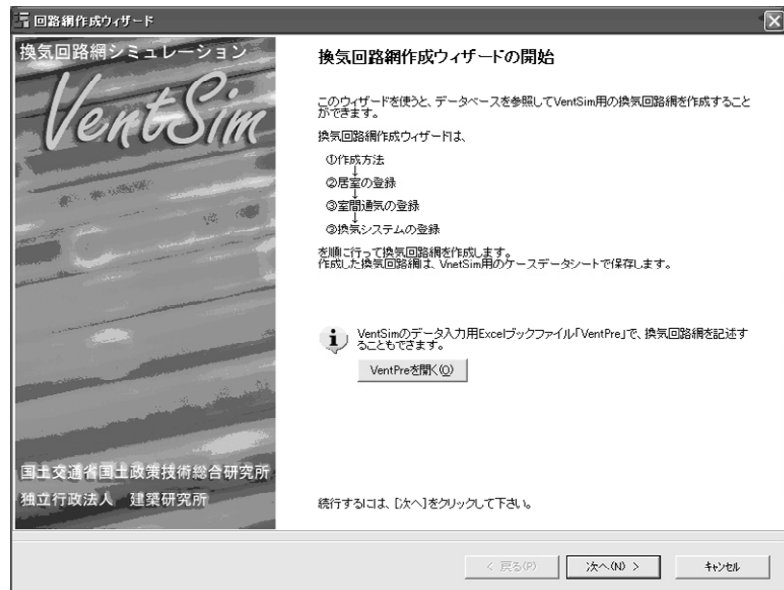


図 10.4.16 ウィザードの開始

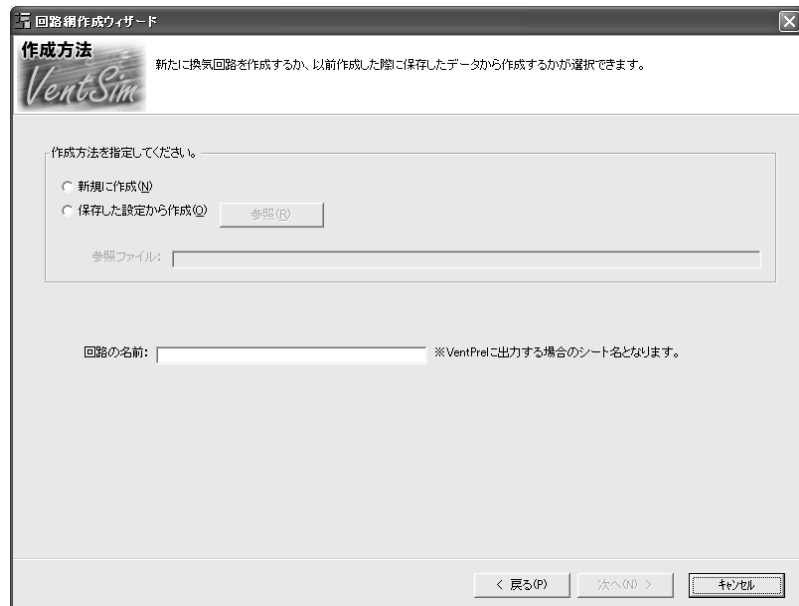


図 10.4.17 ウィザードの作成方法

作成の手順などを示している。

図 10.4.17は保存されたウィザード情報などの読み込みが行える画面である。また作成する回路網の名前をここで記述する。

4) 室等の登録

ノードを定義するために室や空間の登録を行う画面である。

[室名]

室や空間の名称を入力する。

[床面積(m²)]

室や空間の面積を入力する。

[平均天井高(m)]

室や空間の平均天井高さを入力する。

本ウィザードでは、床面積と平均天井高さの積を室等の気積(m³)として出力している。

[設定温度(℃)]

室などの温度を入力する。

VentSim では、居室などの温度を外気温度の 1 次式で変動させることができるが(気象データ使用時のみ)、ウィザードでは温度変動条件を入力することは出来ない。これは後で手動にて設定しなければならない。

図 10.4.18 室等の登録フォーム

[換気回数(回/h)]

室や空間の換気回数を入力する。

ここで入力する換気回数は設計値であり、本ウィザードでは、床面積×平均天井高さ×換気回数の値を室等の必要新鮮空気量 $P(\text{m}^3/\text{h})$ として出力する。

[屋外基準レベルからの高さ(m)]

屋外基準面から床面までの高さを入力する。これは浮力の評価に用いる高さとなる。

[一行挿入]

選択行又は選択セルの下に一行を挿入する。

[選択行を削除]

選択行を一行又は複数行、削除することができる。複数の行を選択するには、Shift キーを押しながら、セル又は行をクリックする。

5) 室間通気の登録

室間通気の登録フォームでは、一つの部材を使って、室又は外気・空間の一つの組み合わせに対し、一つの通気抵抗を登録する。

登録した通気抵抗は、データベースに記録

された抵抗モデルで換気回路網に出力される。

なお、室間通気とは、室や空間を一つの部材で通風する条件のものをいい、ここでは窓やドア、隙間、通気口などをさす。

図 10.4.19のフォームでは上部に室等と通気条件を記述するテーブルがあり、下部に選択中の室・空間、通気条件のプロパティ表示・編集エリアがある。

ここでは以下の設定を行うことができる。

[A 側の室・空間] [B 側の室・空間]

室又は空間名を選択する。選択可能な室・空間名は先の室等の登録フォームで登録した室・空間と外気である。通気条件とは A 側および B 側の二つの空間の間に配置する開口部や隙間、通気口のことである。ただし、A 側、B 側という方向性は現バージョンでは考慮する必要がない。将来的に方向性のある部材をデータベースに登録した場合に意味を持つ。

[通気条件]

通気条件のセルを選択して「データベース検索」ボタンを押すと、「データベース」ダイアログが表示される。このデータベースダイアログで選択した開口部、隙間、通気口などが通気条件に登録される。

6) 換気システムの登録

室間通気の登録フォームと同様に、上部に室等と部品を記述するテーブルがあり、下部に選択中の室・空間、部品のプロパティ表示、編集エリアがある。

室間通気の登録フォームでは室又は空間の一つの組に対して一つの通気条件を登録したが、この換気システムの登録フォームでは、最大 20 個の部品を一つの室・空間の組に対して配置することができる。この室又は空間の組と複数の部品の組み合わせをここでは「系統」と称する。すなわち、二つの空間を接続する複数の部品で構成された換気系統をこのフォームで登録するのである。

一つの系統に複数の部品が存在する場合、部品と部品の間に仮想ノードを形成する。仮想ノードとは、気積を持たない仮のノードのことである。

また換気システムの登録フォームでは、分岐や合流を伴うシステム部材(分岐・合流継手、チャンバー、換気ユニットなど)を接続することができる。3 以上の接続口を有する部品を配置すると、接続口数の仮想ノードが形成され、これを「吸込側の室・空間」「排気側の室・空間」で選択できるようになり、分岐・合流の枝ダクト系統を定義できる。

換気システムの登録フォームにおける操作

図 10.4.19 室間通気の登録フォーム

方法を以下に記す。

[吸込側の室・空間]

セルをクリックすると、コンボメニューが表示される。吸込側の室又は空間とする室等の名称を選択する。

[排気側の室・空間]

系統の排気側の室・空間を選択する。

7) データベースダイアログ

データベースに登録されている開口部、隙間、通気口、換気システム部材などを表示し、室間通気の登録フォームや換気システムの登録フォームに反映させるダイアログである。

必要な部材を検索し、「登録」ボタンで「室間通気の登録」フォーム、又は「換気システムの登録」フォームに検索結果を反映させることができる。

[分類]

「大分類」「中分類」のコンボボックスで選択する。二つの分類を選択しなければ、部材リストは表示されない。

[検索]

検索文字列に記入した文字列をデータベースから検索し、部材リストに表示すること

ができる。

[部材リスト]

分類で選択した該当システム部材のリスト
を表示する。

	系統番号	吸込側の居室・空間	排気側の居室・空間	部品1	部品2	...	部品n
給気系統	J1	外気	居室1	A1	A2	...	An
排気系統	J2	居室1	外気	B1	B2	...	Bn
給気系統	J3	外気	分岐1	C1	C2	...	Cn
	J4	分岐1	居室1	D1	D2	...	Dn
排気系統	J5	居室1	分岐2	E1	E2	...	En
	J6	分岐2	外気	F1	F2	...	Fn
室間通気	J7	室1	室2	G1	G2	...	Gn

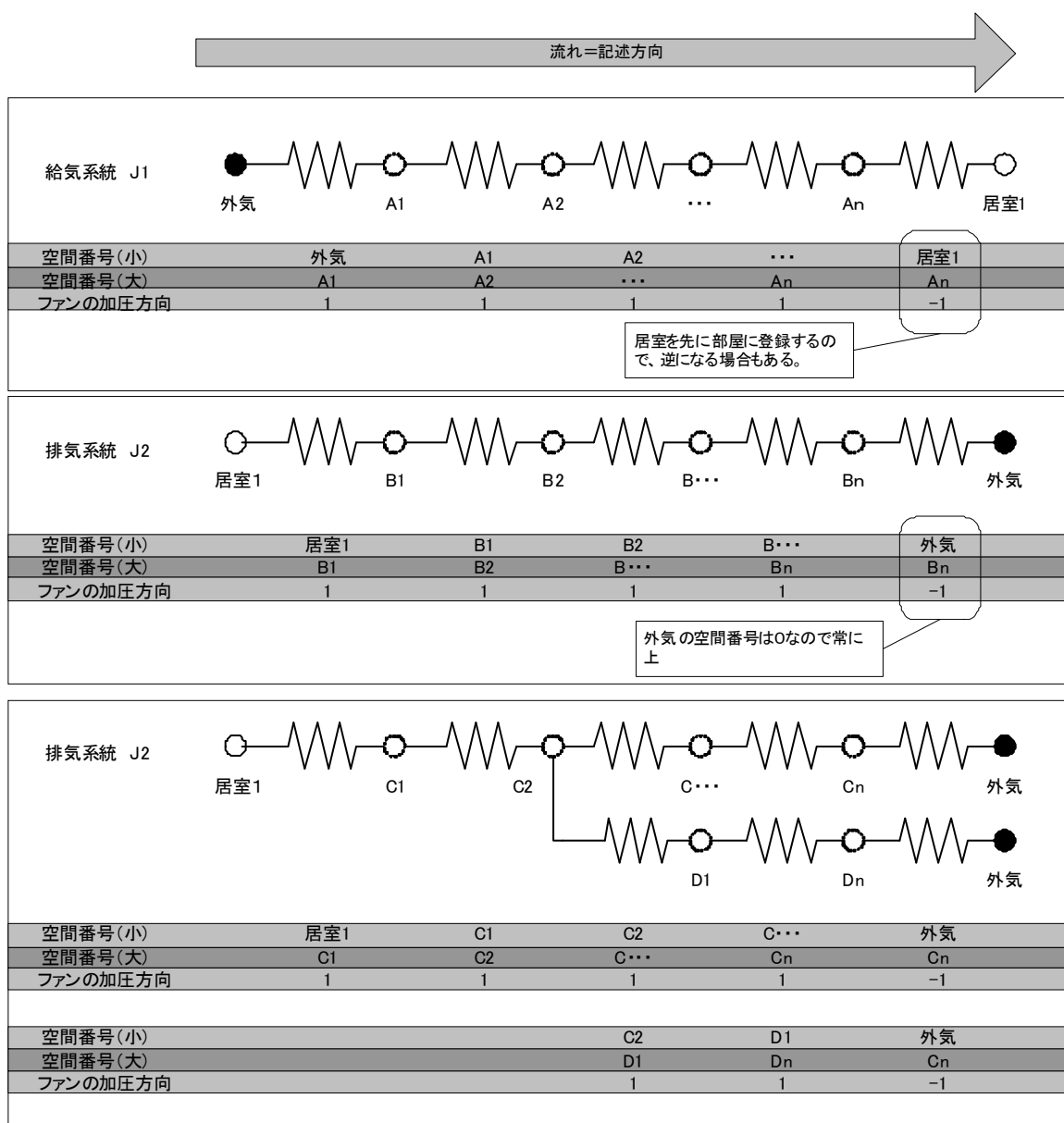


図 10.4.20 換気システムにおけるノード生成イメージ

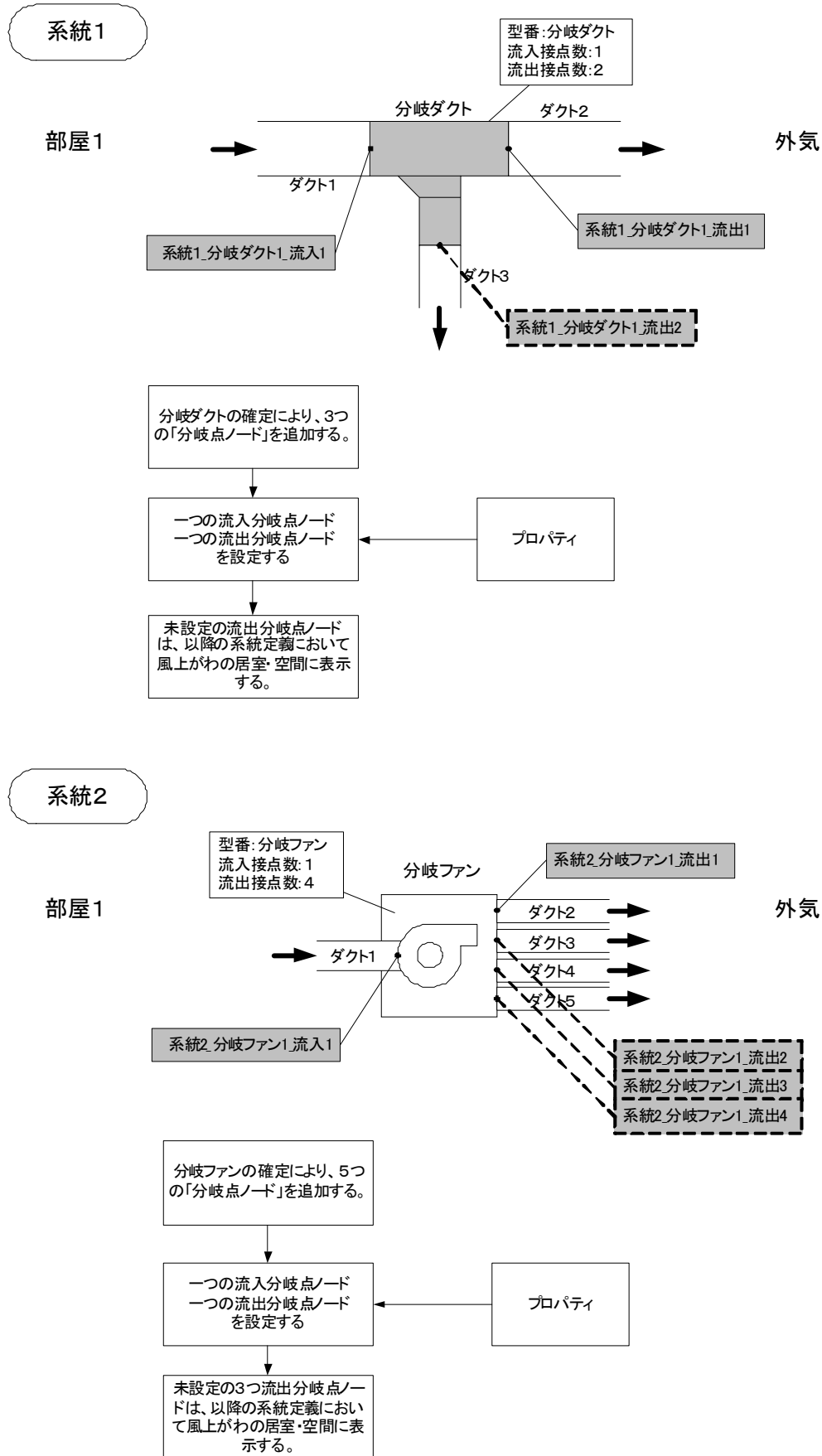


図 10.4.21 分岐・合流部材の接続方法

[選択部品のプロパティ]

部材リストで選択している部材の各種情報を表示する。多目的エリア内の情報はタブで切り替えることができる。画像は「拡大」ボタンで拡大できる。ただし、画像情報を拡大して見る場合、画像ファイルに関連したアプリケーションが起動される。起動されるアプリケーションは、パソコンによって異なる。

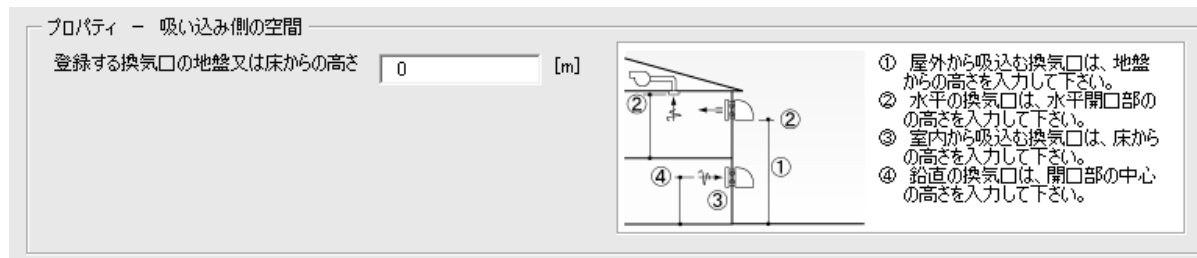


図 10.4.22 データベース検索ダイアログ

8) 空間のプロパティ

吸込側と排気側の空間セルを選択すると、系統リストの下部に選択した空間のプロパティが表示される。プロパティには、「登録する

換気口の地盤又は床からの高さ」を入力する。



9) 部品のプロパティ

「室間通気の登録」フォーム及び「換気システムの登録」フォームにおいて、登録済みの通気条件又は部品セルを選択すると、フォーム下部の枠内に選択部材のプロパティが表示される。

プロパティに表示される内容は、選択部材の換気回路網における特性値などである。したがって、必要に応じてプロパティを変更しなければならない。

(1) 単純開口のプロパティ

[有効面積 A]

[インデックス]

データベースに登録された固有の文字列です。変更することはできない。

[品名]

自由に変更できる。品名は回路網の出力シートのコメント欄に表示される。

[流量係数 α]

自由に変更できる。デフォルト値は、データベースに記述されている値である。

自由に変更できる。デフォルトは1 m²。

プロパティ - 単純開口


インデックス

名称

開口条件

流量係数 α [-] 有効面積 A [m²]

単純開口



計算式

$$Q = \alpha A \sqrt{\frac{2g}{\gamma}} \cdot \sqrt{\Delta P}$$

Q : 流量[m³/s]
 α : 流量係数
 A : 面積[m²]
 γ : 空気の比重[N/m³]
 g : 重力加速度[m/s²]
 ΔP : 圧力降下[Pa]

(2) 隙間のプロパティ

[インデックス]

データベースに登録された固有の文字列で変更することはできない。

[品名]

自由に変更できる。品名は回路網の出力シートのコメント欄に表示される。

[定数 a、定数 n]

自由に変更できる。デフォルト値は、データベースに記述されている値である。

[数量 L]

自由に変更できる。定数 a、定数 n の値の基準単位に対する数量である。

したがって、個数や m²、m など適宜入力しなければならない。デフォルトは1。

プロパティ - 隙間

インデックス

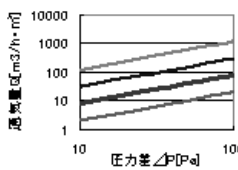
名称

隙間条件

定数 a [-/※] 数量 L [※]

定数 n

開いたサッシ(気密性)



計算式

$$Q = aL \cdot \Delta P^{\frac{1}{n}}$$

Q : 流量[m³/s]
 a, n : 通気特性値
 L : 数量
 ΔP : 圧力降下[Pa]

(3) 定風量開口

[品名]

自由に変更できる。品名は回路網の出力シートのコメント欄に表示される。

プロパティ - 定風量開口

型番

品名

(4) ダクト

[品名]

自由に変更できる。品名は回路網の出力シートのコメント欄に表示される。

[ダクトの長さ]

ダクトの長さを入力する。

[ダクトの縦長さ]

ダクトの鉛直方向の長さを入力する。

[ダクト内の温度]

ダクト内の温度を入力する。

プロパティ - ダクト

型番

品名

ダクトの長さ [m] ダクトの縦長さ [m]

ダクト内の温度 [°C]

(5) 動圧変化部

[品名]

自由に変更できる。品名は回路網の出力シートのコメント欄に表示される。

[接点番号、断面積]

流入側と流出側の接点番号を選択する。また断面積を変更できる。

プロパティ - 流速変化部

型番

品名

流入
接点番号
断面積 (cm²)

流出
接点番号
断面積 (cm²)

(6) 送風機

[品名]

自由に変更できる。品名は回路網の出力シートのコメント欄に表示される。

[接点番号]

流入側と流出側の接点番号を選択する。

10) C 値から隙間を分配

「室間通気の登録」画面の左下に「C 値から隙間を分配」ボタンがある。これをクリックすると「C 値から隙間を分配」ダイアログが表示される。

この機能は、躯体全体に広がる隙間を任意の部位の並列回路として自動的に登録するものである。

[C 値[cm²/m²]、延床面積[m²]]

相当隙間面積 C 値と延床面積を入力する。計算建物の総隙間面積を C 値と延床面積の積とする。

[縦分割数]

隙間を配分する室の縦方向の分割数を入力する。

[分割方法]



[対象室・空間]

コンボボックスから隙間を設定する空間を選択する。複数の室、また同じ室を何度でも設定可能である。

[配分割合(%)]

行ごとに総隙間面積(=C 値×延床面積)の配分割合を設定できる。下部の「調整」ボタンをクリックすると、全ての行の合計が 100% になるように選択中の行の配分割合だけが調整される。また「配分割合の残り」を左下に表示している。

隙間の分割方法が4種類ある。コンボボックスで選択する。

- ① 分割領域の上下端で高さを定義する鉛直面
- ② 分割領域の中央で高さを定義する鉛直面
- ③ 空間の上端で定義する水平面
- ④ 空間の下端で定義する水平面

OK ボタンをクリックすると、隙間モデルが室間通気の登録リストに追加される。

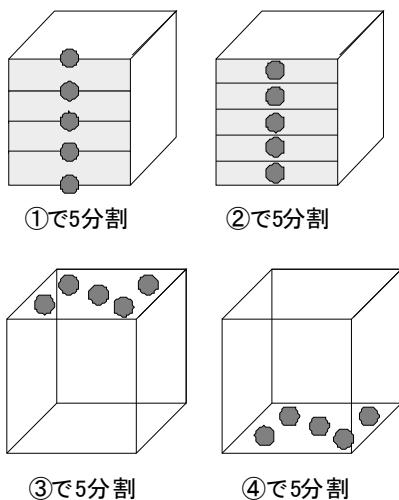


図 10.4.23 隙間の分割方法

C値から隙間を分配

C値と述床面積から求める総隙間面積から隙間抵抗を作成します。
鉛直方法の隙間の分布も考慮します。

漏気条件
C値 (cm2/m2)
述床面積 (m2)

隙間
総隙間面積 (cm2)
※総隙間面積=C値×述床面積

一行挿入(I) 選択行を削除(D)

No.	対象室・空間	配分割合(%)	縦分割数	分割方法
1	LDK	40		
2	LDK	20		
3	和室	30		
4	和室	0		

配分割合の残り (%) 調整 OK キャンセル

回路網作成ウィザード

室間通気の登録
VentSim
室等の通気条件(抵抗)を登録します。
室等を建具や開口部で接続します。また、室等の外気を接続することもできます。室等と
の他、隙間でも行えます。

コピー(C) 貼り付け(V) データベース検索

通気番号	A側の室・空間	B側の室・空間	通気条件
9	外気	LDK	り上下端で高さを定義する鉛直面-2の
10	外気	LDK	り上下端で高さを定義する鉛直面-2の
11	外気	LDK	り上下端で高さを定義する鉛直面-2の
12	外気	LDK	の中央で高さを定義する鉛直面-2の
13	外気	LDK	の中央で高さを定義する鉛直面-2の
14	外気	LDK	の中央で高さを定義する鉛直面-2の
15	外気	LDK	の中央で高さを定義する鉛直面-2の
16	外気	LDK	の中央で高さを定義する鉛直面-2の
17	外気	和室	の上端で定義する水平面-3の20%
18	外気	和室	の上端で定義する水平面-3の20%
19	外気	和室	の上端で定義する水平面-3の20%

図 10.4.24 C値から分配した隙間条件

11) 回路網作成時のチェック事項

回路網作成時に、登録された情報のチェックを行っている。チェックポイントは以下の事項である。

- ・空間の情報が正しく入力されているか(文字、空白、桁数など)
- ・システム部材のプロパティが正しく入力されているか(文字、空白、桁数など)
- ・どこにも接続されていない空間が存在していないか
- ・一つの枝しか接続していない空間が存在していないか
- ・同じ空間同士を接続していないか
- ・未定義の空間を接続していないか

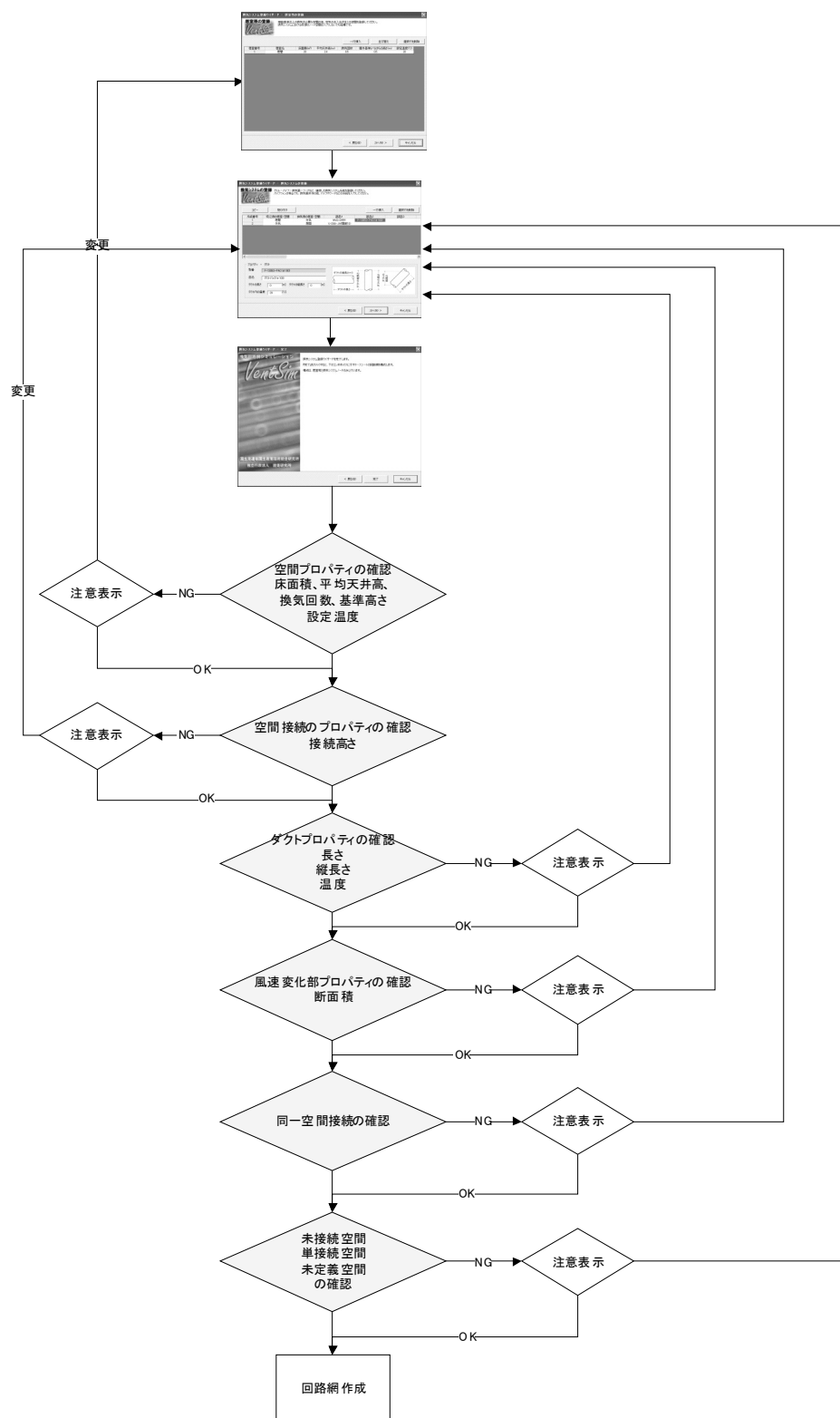
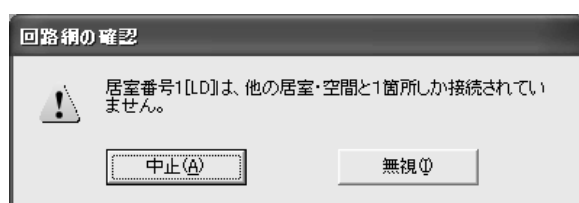


図 10.4.25 回路網のチェックフロー



問題があると、換気回路網作成時にメッセージを表示するが、入力者の意思によってこれを無視することも可能である。無視した場合は、後で修正する必要がある。

10.4.5 結果表示機能

1) 表示内容

結果表示機能は、必要なデータを理解しやすい表形式や時系列グラフで表示し、印刷や保存(表形式のみ)を行うことができる機能である(図 10.4.26)。

結果表示内容の切り替えはタブで行う(図 10.4.27)。また、表示する計算結果の切り替えはフォルダーアイコンで選択する。

結果表示テーブルには以下の内容が示される。

[外気量]

室に流入する外気量を表示する。仮想ノードを経由した外気量は、その風下の室・空間に加算される。
列は室を示し、行方向は時系列計算における日時である。

[換気回数]

外気量を室の気積で除した値である。

列は室を示し、行方向は時系列計算における日時である。

[SRF]

室毎の給気の充足度 SRF の値を表示している。

列は室を示し、行方向は時系列計算における日時である。

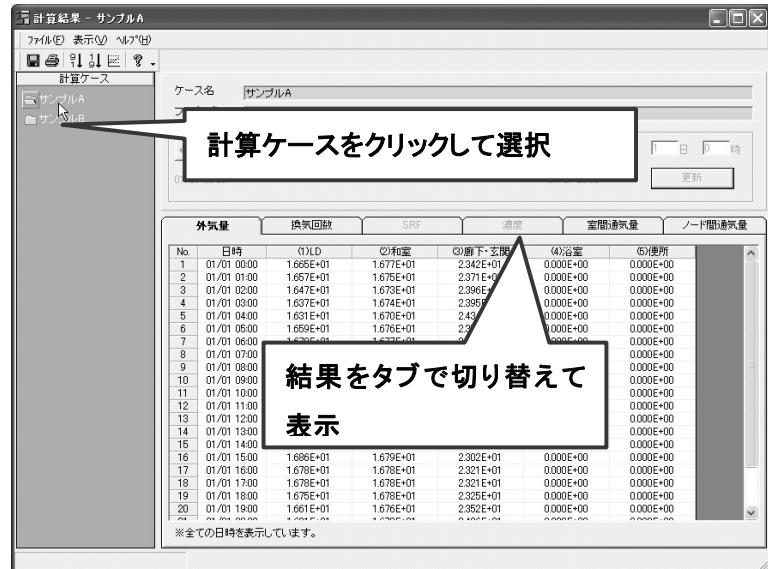


図 10.4.26 結果表示フォーム

外気量		換気回数		SRF		温度		室間通気量		ノード間通気量	
No.	日時	(1)LD	(2)和室	(3)廊下・玄関	(4)浴室	(5)便所					
1	01/01 00:00	1.665E+01	1.677E+01	2.342E+01	0.000E+00	0.000E+00					
2	01/01 01:00	1.657E+01	1.675E+01	2.371E+01	0.000E+00	0.000E+00					
3	01/01 02:00	1.647E+01	1.673E+01	2.396E+01	0.000E+00	0.000E+00					
4	01/01 03:00	1.637E+01	1.674E+01	2.395E+01	0.000E+00	0.000E+00					
5	01/01 04:00	1.631E+01	1.670E+01	2.434E+01	0.000E+00	0.000E+00					
6	01/01 05:00	1.659E+01	1.676E+01	2.355E+01	0.000E+00	0.000E+00					
7	01/01 06:00	1.670E+01	1.677E+01	2.355E+01	0.000E+00	0.000E+00					
8	01/01 07:00	1.661E+01	1.676E+01	2.352E+01	0.000E+00	0.000E+00					
9	01/01 08:00	1.661E+01	1.676E+01	2.352E+01	0.000E+00	0.000E+00					
10	01/01 09:00	1.631E+01	1.673E+01	2.406E+01	0.000E+00	0.000E+00					
11	01/01 10:00	1.669E+01	1.676E+01	2.343E+01	0.000E+00	0.000E+00					
12	01/01 11:00	1.676E+01	1.678E+01	2.324E+01	0.000E+00	0.000E+00					
13	01/01 12:00	1.678E+01	1.678E+01	2.321E+01	0.000E+00	0.000E+00					
14	01/01 13:00	1.679E+01	1.678E+01	2.319E+01	0.000E+00	0.000E+00					
15	01/01 14:00	1.678E+01	1.678E+01	2.321E+01	0.000E+00	0.000E+00					
16	01/01 15:00	1.686E+01	1.679E+01	2.302E+01	0.000E+00	0.000E+00					
17	01/01 16:00	1.678E+01	1.678E+01	2.321E+01	0.000E+00	0.000E+00					
18	01/01 17:00	1.678E+01	1.678E+01	2.321E+01	0.000E+00	0.000E+00					
19	01/01 18:00	1.675E+01	1.678E+01	2.325E+01	0.000E+00	0.000E+00					
20	01/01 19:00	1.661E+01	1.676E+01	2.352E+01	0.000E+00	0.000E+00					

※全ての日時を表示しています。

外気量		換気回数		SRF		温度		室間通気量		ノード間通気量	
→	0外気	1LD	2和室	3廊下・玄関	4浴室	5便所					
0外気	0.000E+00	1.606E+01	1.671E+01	2.451E+01	0.000E+00	0.000E+00					
1LD	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.607E+01	0.000E+00	0.000E+00					
2和室	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.672E+01	0.000E+00	0.000E+00					
3廊下・玄関	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.695E+01	3.036E+01					
4浴室	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					
5便所	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					

外気量		換気回数		SRF		温度		室間通気量		ノード間通気量	
→	0外気	1LD	2和室	3廊下・玄関	4浴室	5便所	系統01-01接続ノード	系統01-02			
0外気	0.000E+00	1.606E+01	1.671E+01	2.451E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000
1LD	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.607E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000
2和室	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.672E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000
3廊下・玄関	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.695E+01	3.036E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000
4浴室	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.696E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000
5便所	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000
系統01-01接続ノード	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.696
系統01-02接続ノード	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000
系統01-03接続ノード	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000
系統01-04接続ノード	5.735E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000
系統02-01接続ノード	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	3.037

図 10.4.27 結果表示テーブル

[濃度]

室毎の濃度を表示している。
列は室を示し、行方向は時系列計算における日時である。

[室間通気量]

室間の通気量を表示している。
室間通気では仮想ノードは含まれない。通気量は列方向に読む。

[ノード間通気量]

ノード間の通気量を表示している。
仮想ノードが含まれている。
通気量は列方向に読む。

2) 時系列表示

室間通気量とノード間通気量における日時の切り替えは、表の上部にあるスライダ又はテキストボックスで行う。

[スライダ]

スライダを左右に移動させると日時が変更される。テキストボックスと連動している。

[テキストボックス]

テキストボックスに日時を入力し、[更新]ボタンをクリックすると日時が変更される。スライダと連動している。

3) 時系列グラフの表示

時系列計算結果の場合、選択したセルの時系列グラフを表示することができる。

4) ファイル保存

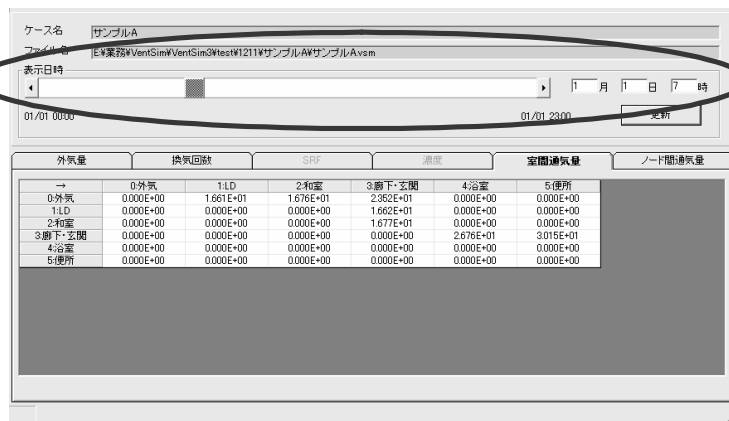


図 10.4.28 時系列操作

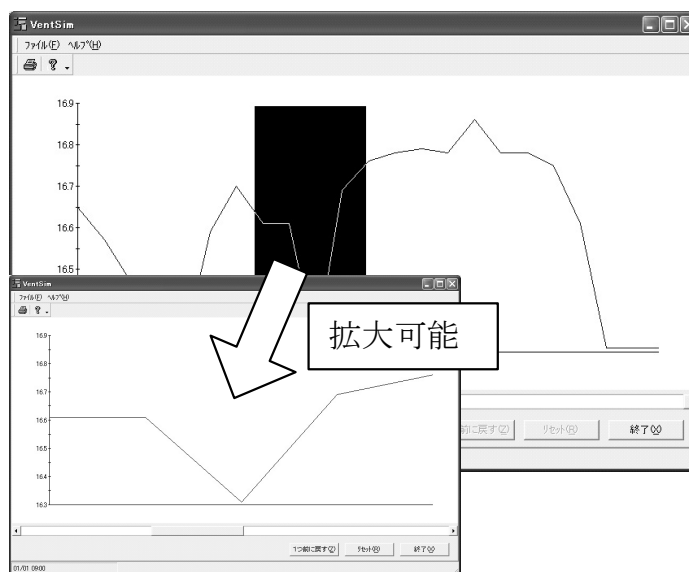


図 10.4.29 時系列グラフ

2004/1/1 0:00						
→	0:外気	1:LD	2:和室	3:廊下・玄関	4:浴室	5:便所
0:外気	0.00E+00	1.67E+01	1.68E+01	2.34E+01	0.00E+00	0.00E+00
1:LD	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.67E+01	0.00E+00	0.00E+00
2:和室	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.68E+01	0.00E+00	0.00E+00
3:廊下・玄関	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.67E+01	3.01E+01
4:浴室	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
5:便所	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
2004/1/1 1:00						
→	0:外気	1:LD	2:和室	3:廊下・玄関	4:浴室	5:便所
0:外気	0.00E+00	1.66E+01	1.68E+01	2.37E+01	0.00E+00	0.00E+00
1:LD	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.66E+01	0.00E+00	0.00E+00
2:和室	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.68E+01	0.00E+00	0.00E+00
3:廊下・玄関	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.68E+01	3.02E+01
4:浴室	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
5:便所	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
2004/1/1 2:00						
→	0:外気	1:LD	2:和室	3:廊下・玄関	4:浴室	5:便所
0:外気	0.00E+00	1.65E+01	1.67E+01	2.40E+01	0.00E+00	0.00E+00
1:LD	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.65E+01	0.00E+00	0.00E+00
2:和室	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.67E+01	0.00E+00	0.00E+00
3:廊下・玄関	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.69E+01	3.03E+01
4:浴室	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
5:便所	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
2004/1/1 3:00						
→	0:外気	1:LD	2:和室	3:廊下・玄関	4:浴室	5:便所
0:外気	0.00E+00	1.64E+01	1.67E+01	2.40E+01	0.00E+00	0.00E+00
1:LD	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.64E+01	0.00E+00	0.00E+00
2:和室	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.68E+01	0.00E+00	0.00E+00
3:廊下・玄関	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.68E+01	3.02E+01
4:浴室	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
5:便所	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

図 10.4.30 時系列ファイル保存の例

表示中の表を CSV 形式で保存することができる。

①外気量、換気回数、SRF、濃度

表示している状態で、全ての日時データが出力される。

②室間通気量、ノード間通気量

出力期間を指定するダイアログが表示される。
指定した出力期間で、表示している状態の表が繰り返して出力される。



10.4.6 換気部材データベース

開口部や隙間、換気システム部材のデータベース開発を平成15年度より行ってきた。

データベースには換気回路網の作成に用いる通気特性値の他に、特徴や接続ダクト径、写真や外形図などの関連情報も含まれている。

1) 平成15年度データベース

市場に流通している換気システム部材の調査を行い、換気システム部材の情報と Vent Sim での計算に必要な換気特性値をデータベース化した。

調査は換気システム部材メーカー5社に調査シート(Excelファイル)を送付し担当者レベルで協力を要請した。また、調査期間は2004年2月16日～3月5日の19日間であった。

調査項目は表10.4.1のとおりで、これをExcelシートに記入して返信する方法を用いた。

表 10.4.1 換気システム部材調査項目

項目	内容	形式
大分類	換気扇・送風機か、システム部材か	テキスト
中分類	種別	テキスト
メーカー名		テキスト
品名	商品名等	テキスト
型番	インデックス	テキスト
BL認定	BL認定の有無	True or False
標準価格(円、税別)		テキスト
仕様	特徴	テキスト
	適用パイプ(ダクト)呼径(mm)	テキスト
	給排気条件	給気使用可 True or False 排気使用可 True or False 同時給排気 True or False
	速度調整段数	テキスト
	消費電力(W)	50Hz テキスト 60Hz テキスト
	換気風量(m³/h)	50Hz テキスト 60Hz テキスト
	外形図	ファイル名 テキスト
	PQ曲線(図)	ファイル名 テキスト
	摩擦損失係数λ	数値
	局部損失係数ζ	数値
	抵抗係数の計算式、参考図、抵抗表等	テキスト 又はファイル名
	熱交換効率線図	ファイル名 テキスト
	備考	任意の文字列 テキスト
写真・画像	ファイル名	テキスト

P-Q 特性などのグラフ、製品の写真、外形図などは画像ファイルとして添付し、調査シートにはそのリンクを設定した。グラフはグラフ読み取りソフト(digiMatic、(株)スリースカンパニー)を用いて数値化した。

本調査で寄せられたシステム部材数は 201 部材に及ぶ。しかし、そのうち P-Q 特性図や摩擦損失係数、局部損失係数などの特性値が添付されたものは 59 部材と少ない。これは調査期間が短かった理由によるもので、特に製品数の多い大手換気システムメーカーでの特性値の取りまとめが対応できなかったためである。図 10.4.31 に特性値が得られた換気システム部材の内訳を示す。

なお、調査で得られたフレキシブルダクトは呼径 d が 50mm～150mm のもので、その摩擦損失係数 λ は 0.025～0.055 の間に分布していたが、一つの不燃断熱ダクトを除き、どの径のダクトも λ の値に大きな差は無いことが確認された(図 10.4.32 参照)。清水ら^{参考文献 6)}は住宅用換気ダクトの摩擦損失係数 λ が風量によって変化することを実験で確認しており、図 10.4.32 のように λ を定数として扱う現在の部材特性の表示方法、圧力損失計算法などを見直す必要があるかと思う。また、実際の施工状態を考えれば、弛みのある場合や、様々な曲率の λ も必要かと考えられる。

調査した換気扇・送風機 16 機種種の定格風量と送風機効率(= 定格機外静圧[Pa]×定格風量[m³/h]／3600[s]／定格消費電

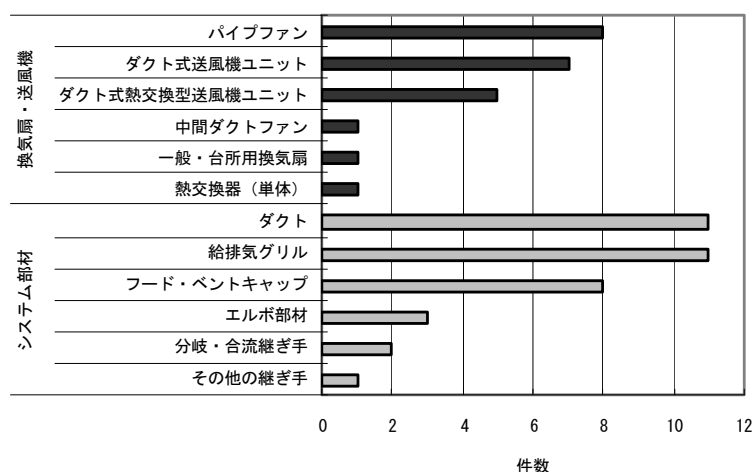


図 10.4.31 特性値が把握できた換気システム部材の内訳

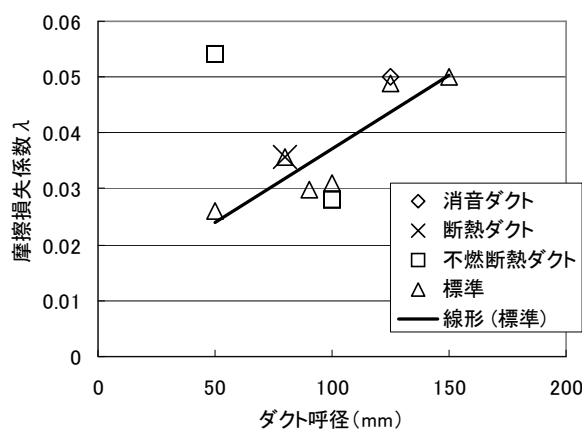


図 10.4.32 摩擦損失係数 λ の分布(フレキシブルダクト)

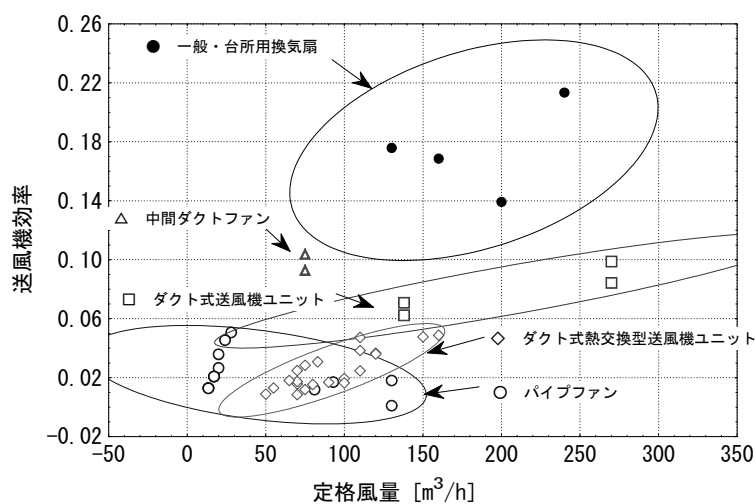


図 10.4.33 送風機効率の分布

力[W])の散布図を図 10.4.33 に示す。

送風機の種別ごとに群を成す傾向が見られる。また種別ごとに定格風量と送風機効率で良い相関が見られる。

2) 平成 16 年度データベース

平成 16 年度データベースは、前述した換気回路網作成ウィザードにおける室間通気と、VentSim 本体の隙間抵抗モデルの追加にともなうレコードの追加として行った。

平成 16 年度の追加レコードは、以下の内容のものである。

(1) サッシ

「閉じた窓・ドア」と、「開いた窓・ドア」を作成した。「閉じた窓・ドア」は気密性 A-4 等級から A-1 等級の 4 等級で設定し、各等級の下限でデフォルトの換気特性値を設定した。これらは隙間抵抗モデルで定義した。

「開いた窓・ドア」は単純開口モデルを用い、防虫網付き開口と格子付き開口も加えた。これらは、参考文献 2) の値を引用した。

(2) 室内建具

室内建具は清水らの実験結果参考文献 7) を引用し入力した。

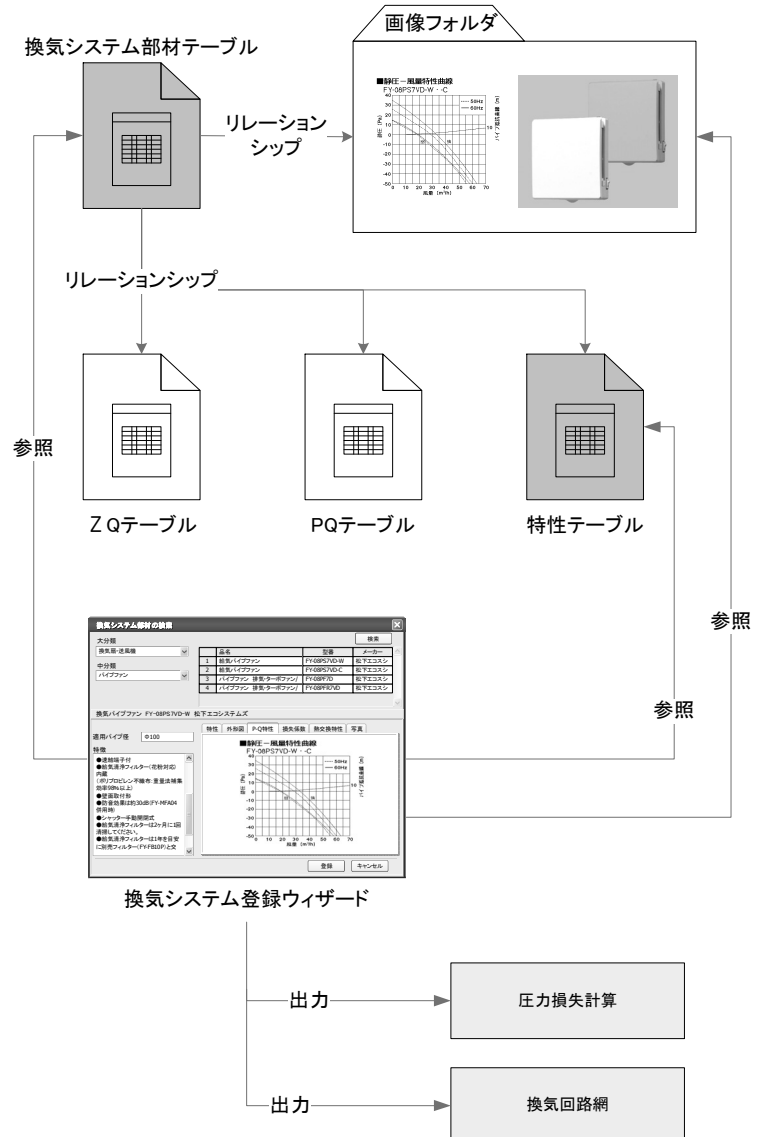
清水らが行った実験に基づき、「量産襖」「和襖」の他、アンダーカットの有無・程度による室内ドア、ガラの有無による折れ戸、引き戸を登録した。

(3) 通気口

清水らの実験結果に基づき、給気レジスタ+ガラリ、浴室用ガラリを登録した。全て隙間抵抗モデルを用いた。

(4) 隙間

清水らの実験結果に基づき、レンジフード廻りの隙間を隙間抵抗モデルで登録した。



3) データベースの構造

本データベースは、Excel ファイルに保存し、VentSim の換気回路網ウィザードより参照する。データベースはリレーショナルデータベースとし、型番をインデックスとして図 10.4.34 のような構造を持つ。

また、表 10.4.1 に示した調査シートを換気システム部材テーブルとして有し、更に VentSim の特性値を保存した特性テーブルが存在する。特性テーブルの書式を表 10.4.2 に示す。

表 10.4.2 特性テーブルの書式

10.4.7 まとめ

平成 15 年度、平成 16 年度に渡って、建築研究所、国土技術政策総合研究所が保有する換気回路網計算プログラム「VentSim」の改良を行ってきた。

VentSim を用いた換気量計算は、回路網という特殊性のために一部の研究者や技術者に利用されるのみであった。[C1] 設計支援システム委員会では、この VentSim に回路網作成ウィザードと結果表示機能を持たせて入出力環境を改善し、より多くの技術者、実務家に活用されることを図った。また、計算エンジンもダクト式機械換気システムの検証が行えるように改良し、より多くの場で換気回路網計算が活用されることを期待している。

参考文献

- 1: 建築換気設計、石原正雄、朝倉書店
- 2: 建築設計資料集成 環境、日本建築学会編、丸善
- 3: 澤地孝男、大澤元毅、瀬戸裕直、谷口佳紀、大西茂樹: 住宅の換気システムに関する実験的研究(その9)、空気調和衛生工学会学術講演会講演論文集{ '96.9.18~9.20(名古屋) }
- 4: 澤地孝男、大澤元毅、瀬戸裕直、谷口佳紀、大西茂樹: 住宅用換気システムの換気性能評価に関する研究 その 10 換気性能評価指標 OVRF の検討、日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿)1996 年 9 月
- 5: 空気調和・衛生工学便覧、(社)空気調和・衛生工学会
- 6: 清水則夫、澤地孝男、長谷川巧、田島昌樹: 住宅用ダクト式換気システムの風量設計手法に関する研究、空気調和・衛生工学会学術講演集、2004
- 7: 清水則夫、鎌田元康、小峯裕己、倉淵隆、千田喜孝、桑沢保夫: 住宅部品の通気抵抗について、空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集、95.10.2~10.4(広島)

項目(フィールド)		内容	形式
型番			テキスト
枝種別		VentSimにおける開口種別を示す数値	数値
定風量開口※	CP	これ以上の差圧で定風量となる値	数値
	A1	隙間特性A-1	数値
	A2	隙間特性A-2	数値
	A3	隙間特性A-3	数値
	N1	隙間特性N-1	数値
	N2	隙間特性N-2	数値
ダクト※	λ	摩擦損失係数	数値
	ζ	局所損失係数	数値
	直径	内径(直径)	数値
ファン※	ΔQ	ΔQ	数値
	Q1	Q1	数値
	P1	P1	数値
	P2	P2	数値
	P3	P3	数値
	P4	P4	数値
流速変化部※	A3	ζ の3次近似式係数(3次の項の係数)	数値
	A2	" (2次の項の係数)	数値
	A1	" (1次の項の係数)	数値
	A0	ζ の3次近似式定数	数値
	風量比の対象	風量or風速	数値
	圧力損失の種別	全圧or静圧	数値
隙間	a	定数	数値
	n	べき数	数値
単純開口	α	流量係数	数値

10.5 汎用入力インタフェース AE-CAD の開発

10.5.1 AE-CAD の概要

AE-CAD は、本委員会で開発を行った Daylighting と VentSim、および IBEC で発売している住宅用熱負荷計算プログラム「SMASH」などに共通で利用できる汎用入力インタフェースである。AE-CAD は(株)山内設計室と(独)建築研究所の共同開発物という扱いになるが、本委員会において仕様の検討や開発状況の確認、デモンストレーションなどを行った。

現在、AE-CAD の最新版は Ver.2 となっており、SMASH の入力データ作成と計算結果出力の補完・各種加工が可能となっている。Daylighting と VentSim の入力にも順次対応していく予定である。

AE-CAD の主な特長は以下のとおりである。

- ・直感的にわかりやすい画面構成と操作で、シミュレーションプログラム用入力データの作成作業が大幅に軽減される
- ・データコンバータを整備することで、多様なシミュレーションプログラムの入力を一括して行うことができる
- ・建物形状データを 3 次元情報で管理しており、形状や部位の詳細な設定が可能である
- ・拡張性やカスタマイズ性に優れている
- ・機器や開口部、部材等のライブラリデータを多数用意しており、新規登録やユーザー間

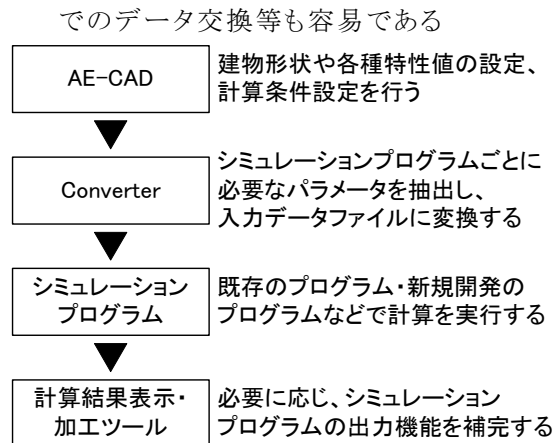


図 10.5.1 AE-CADによるシミュレーションの流れ

現在 AE-CAD でデータ作成が可能な「SMASH」は、住宅用熱負荷計算プログラムとしては最も普及しているものの一つだが、操作を熟知したユーザーでも戸建住宅の入力には 1 棟あたり 1 日～数日の時間がかかることが多い。AE-CAD を使用した場合、図面からの面積・気積等の読み取りや空間隣接関係の把握、部位データ登録等に要する時間が大幅に軽減され、入力項目の確認も容易になるため 2 時間程度での入力が可能である。また、複数のプログラムの入力を同時に行うことができるため、今後対応するプログラムの増加に応じてさらに有効性が高まると期待できる。

10.5.2 AE-CAD の画面と機能

AE-CAD の主な画面と機能、操作方法などについて説明する。

1) メインパネル

メインパネルは AE-CAD を起動した時に表示される画面で、全体の制御(モデラー・シミュレーションプログラム・結果表示加工ツールの起動など)や建物データの管理を行う。画面上側で編集等を行う建物データを指定し、画面下側でシミュレーションプログラムの選択を行う。

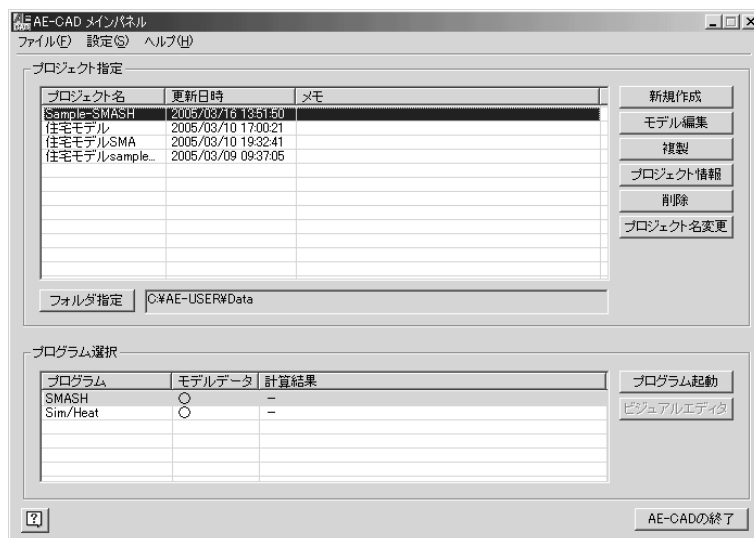


図 10.5.2 AE-CADメインパネル

2) モデラー

モデラー画面では、平面図などの図面上に「部品」を設置していく方式で建物モデルを構築する。具体的には、「部品リスト」ウィンドウから、「空間」「開口部」「機器」などの部品を選択し、マウสดラッグ&ドロップで図面上に配置していく。

建物形状は「空間」部品を設置・変形して構築していくが、空間は三次元座標値を持つ立体データとして扱われる。モデラー左端部の「高さゲージ」で作業高さを変更しながら設置していく。

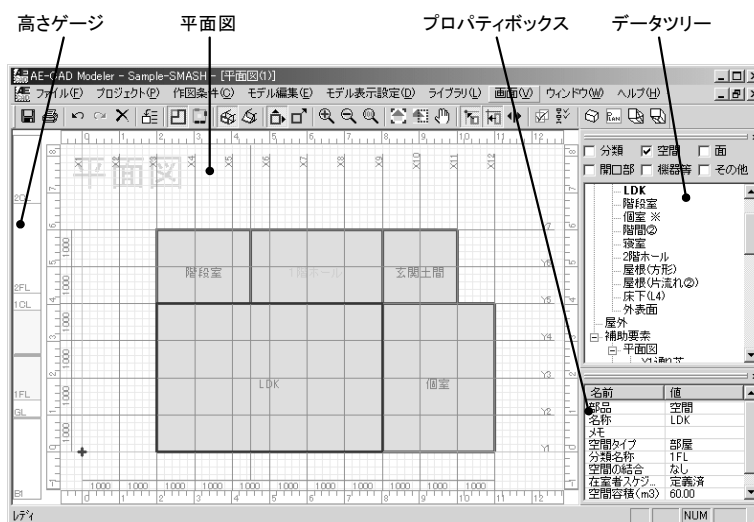


図 10.5.3 AE-CADモデラー

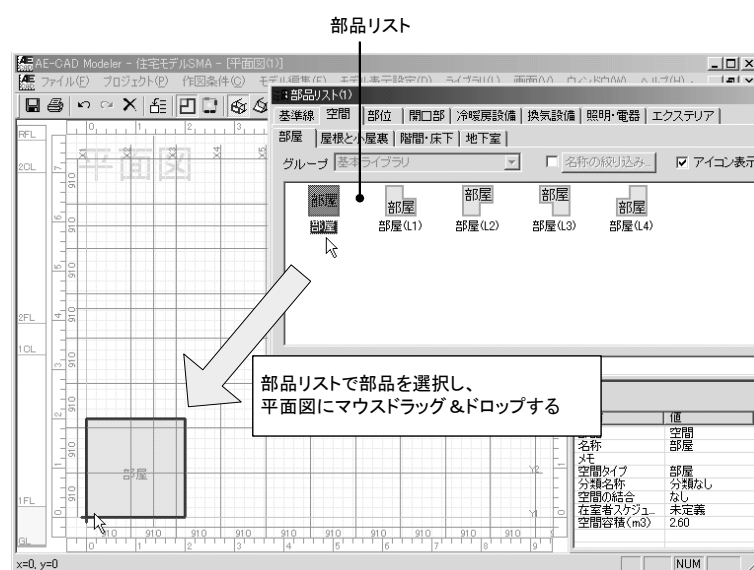


図 10.5.4 部品(空間)の設置

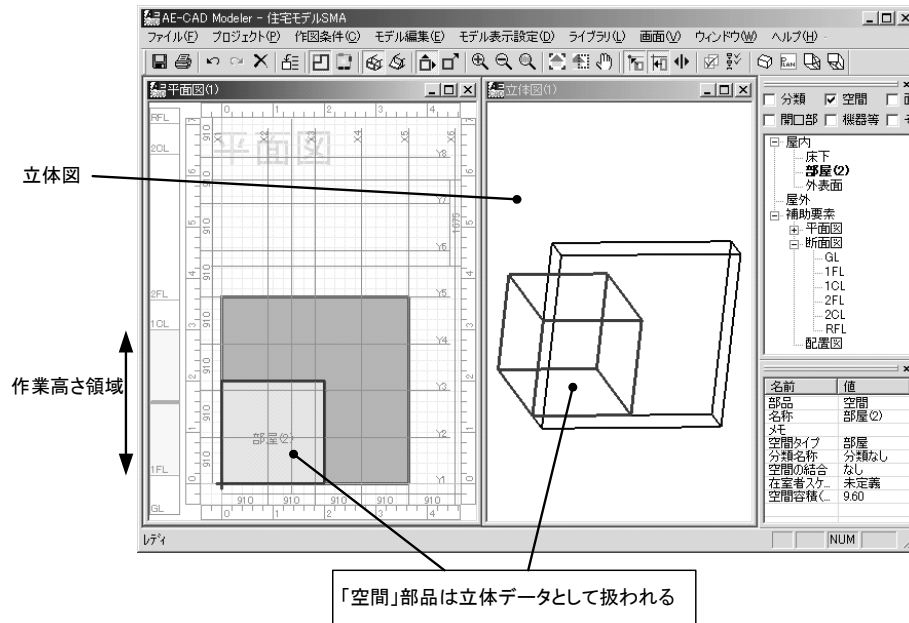


図 10.5.5 部品(空間)の立体情報

空間の変形は、図面への設置後に側面や頂点をマウス操作して行う。角の切り込みや面取りなどの操作も可能である。

吹き抜け空間など、複数の高さ領域またがる空間は、断面図で空間の天井面や床面をマウスで移動させる。

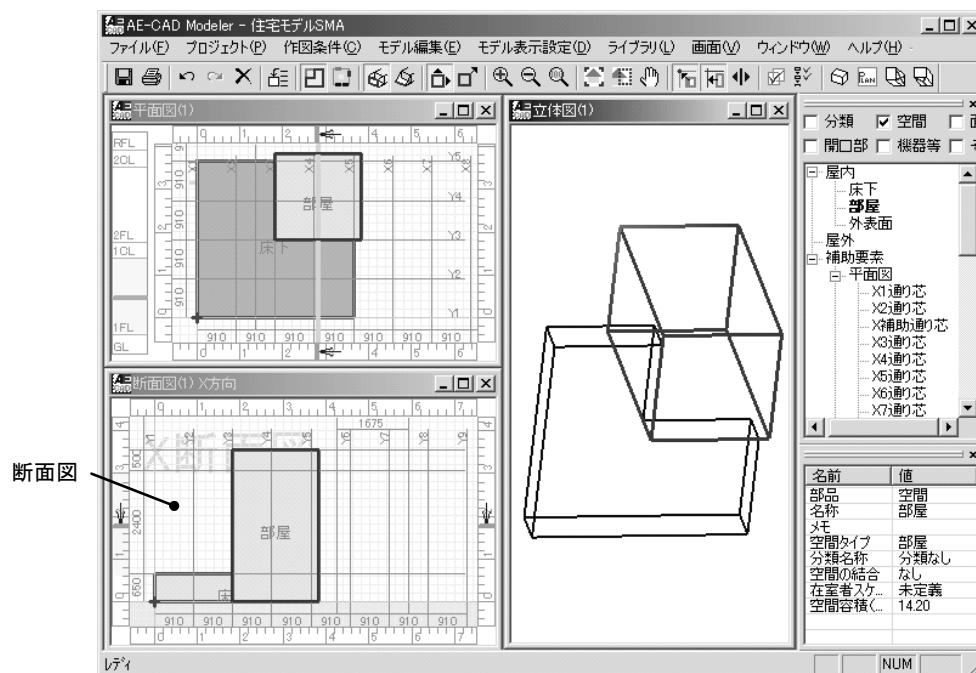


図 10.5.6 高さ方向の操作

空間の設置・変形に続き、壁面等に開口部(窓・出入り口、窓付属品等)を設置する。同様に機器類(冷暖房設備、照明器具、その他発熱機器等)も設置できる。

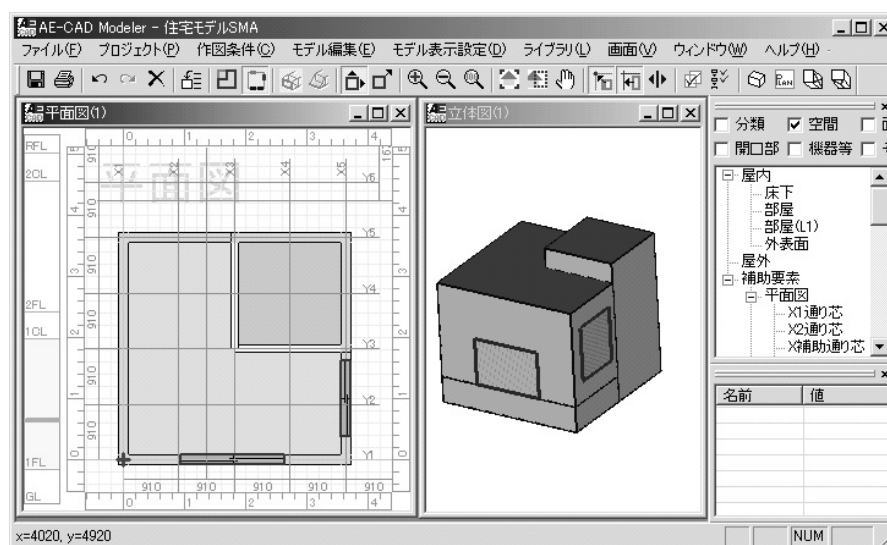


図 10.5.7 開口部の設置

表 10.5.1 AE-CADの部品

大分類	中分類	SMASHでの扱われ方
空間	部屋	
	屋根と小屋裏	熱回路の節点
	階間・床下	
	地下室	使用しない
部位	外壁	
	間仕切り壁	
	床	熱回路(熱的に厚い壁)
	天井	
	屋根	
	床暖房等	使用しない
	蓄熱床	
開口部	窓	熱回路(日射透過、熱的に薄い壁)
	出入り口	熱回路(熱的に薄い壁)
	単純開口	室間換気
	外部日よけ	日射遮蔽
	バルコニー	日射遮蔽
	カーテン等	窓SC値計算に使用
冷暖房設備	冷暖房機器	空間の冷暖房
	暖房機器	空間の暖房
	熱源/放熱器	
換気設備	換気扇(風量指定)	室間換気
	給排気口	使用しない
照明・電器	照明器具	照明発熱
	家電	顕熱発熱
	水蒸気発生機器	使用しない
エクステリア	隣棟・樹木等	日射遮蔽
材料	コンクリート系	部位(層構成)作成に使用
	窯業系	
	木質系	
	金属系	
	断熱材	
	シート・塗膜系	
	窓ガラス	
	空気層	
	通気層	
	その他	

画面右上のデータツリーには設置された部品類が階層構造でしめされ、編集等を行う部品を簡単に指定することができる。右下のプロパティボックスには選択している部品の詳細情報が表示される。

現在、モデラーで設置等が可能な主な部品は表 10.5.1のようになっている。これらの部品は、計算を行うシミュレーションによって異なる働きを持っており、それぞれのシミュレーションに対応するデータコンバータが必要なパラメータを抽出して計算入力データに変換する。

これらの部品のうち、「部位」(層構成)、「開口部」「冷暖房設備」「換気設備」「照明・電器」「材料」に関してはAE-CAD にあらかじめライブラリとして典型的・一般的と思われるデータが多数登録されている。もちろん、必要に応じてライブラリにデータを追加することも可能であり、例えば各工務店等がよく用いる層構成や、オリジナルの部品等を登録することで初期登録データと全く同様に操作することができる。

図面上に設置された各部品は、「プロパティ」と呼ばれる各種計算に必要な物性値等のパラメータを保持しており、必要に応じてそれらを変更することによりさまざまな計算条件に対応することができる。

例えば、「空間」のプロパティ画面は図 10.5.8のようになっている。

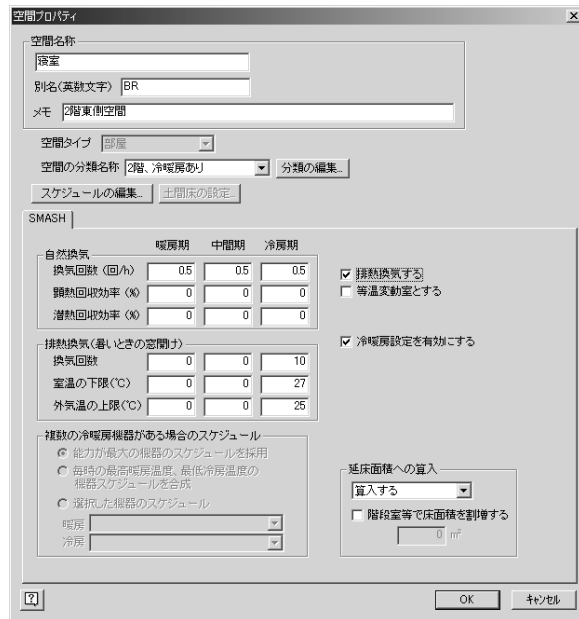


図 10.5.8 空間プロパティ画面

空間プロパティ画面では、SMASH の計算用設定であれば自然換気回数や排熱換気(窓開け時の換気)回数の設定、在室者や機器等のスケジュール設定画面の起動を行う。

図 10.5.9に部位の層構成設定画面を示す。

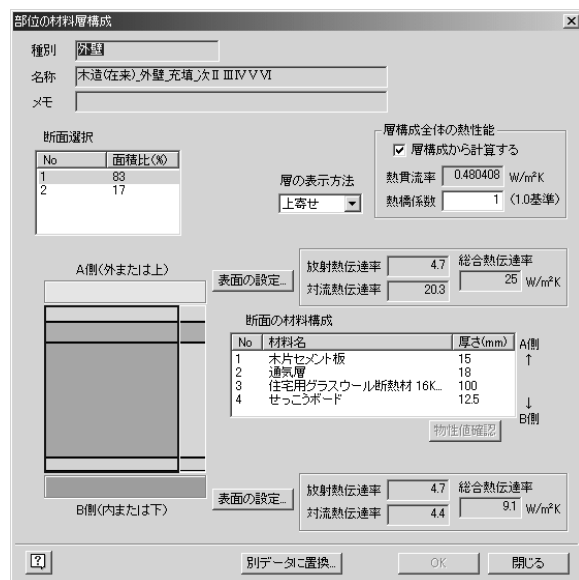


図 10.5.9 材料層構成画面

材料層構成画面では、各部位の層構成(材料配列とその厚さ)、熱橋部と一般部との面積比率、表面熱伝達率や金属熱橋係数などをを入力する。

図 10.5.10は面(空間構成面)のプロパティ画面である。

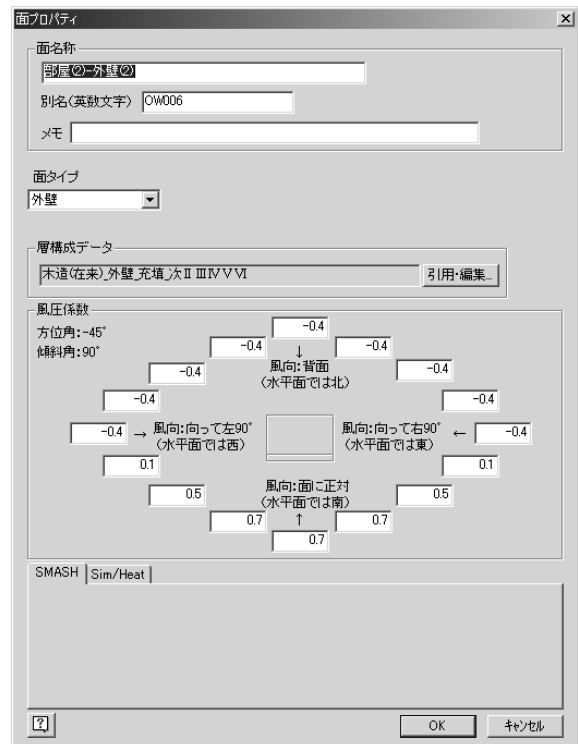


図 10.5.10 面プロパティ画面

面プロパティ画面では、面ごとに層構成ライブラリデータとの参照関係を変更できるほか、SMASH では使用しないが外壁面での風圧係数を設定でき、VentSim など換気計算プログラムへの拡張を考慮した構造となっている。

図 10.5.11は窓のプロパティ画面である。SMASH で必要な熱貫流率・日射遮蔽係数のほか、換気計算で必要な隙間関連のパラメータ、開閉スケジュール設定画面の起動などを行う。

窓部品にさらにカーテン等の付属物を追加すると、窓の日射遮蔽係数等が自動的に算出される。

図 10.5.12はスケジュール設定画面である。各空間の在室人数や機器類の運転、窓の開閉スケジュールなどを1時間ごとに設定する。

この他の主な画面を紹介する。

窓プロパティ

名称: W165H11.31 窓 次IV V_普通複層(AS6)_アルミ
 別名(英数文字): WN005
 メモ:

引用した窓ライブラリデータ: W165H11.31 窓 次IV V_普通複層(AS6)

幅: 1700 mm
 高さ: 1175 mm
 開閉方式: 引き違い窓
 熱貫流率: 4.65 W/m²K

配置情報
 床面からの配置高さ: 825 mm
 開き方向: 外(A)側に開く
 左右反転: 左右を反転しない
 壁芯との合せ位置: 中心

ガラスデータ
 普通複層ガラス(AS6)
 透過率: 73.7 %
 反射率: 13.4 %
 日射遮蔽係数(SC): 0.9

通風特性 $Q = \alpha A \sqrt{2 \Delta P / \rho}$ [m³/s]
 開閉スケジュールの編集...
 流量係数 α : 0.7

隙間特性 $Q = a(\Delta P)^{1/n}$ [m³/h]
 係数 a : 1.5
 指数 n : 1
 縫隙間数: 0
 横隙間位置: なし

SMASH Sim/Heat
 表面熱伝達率(W/m²K)
 A側(外気側): 26
 B側(室内側): 9.1

付属品を含む窓の性能
☒ 自動計算する
☐ 数値入力する
 熱貫流率(W/m²K)
 昼間: 4.65
 夜間: 4.65

日射遮蔽係数(SC) (1.0基準)
 放射遮蔽係数
 暖房期: 0.868616
 中間期: 0.868616
 冷房期: 0.868616
 対流遮蔽係数
 暖房期: 0.031384
 中間期: 0.031384
 冷房期: 0.031384

OK キャンセル

図 10.5.11 窓プロパティ画面

機器等スケジュールの編集 LDK

平日 休日

時間	在室者			開閉-W256H22.31 窓 次IV V_普通...			機器-エアコン(14畳用)標準型		
	暖房期	中間期	冷房期	暖房期	中間期	冷房期	暖房期	中間期	冷房期
0									
3	0人	0人	0人				OFF		
6	1人 4人	1人 4人	1人 4人				ON		
9							OFF		
12	1人	1人	1人	20.0%	50.0%	50.0%	ON	-20.0℃	0.0%
15	0人	0人	0人	20.0%	50.0%	50.0%	OFF		
18	3人	3人	3人				ON		
21	2人 1人 0人	2人 1人 0人	2人 1人 0人	0.0%	0.0%	0.0%	OFF		
24									

表示順序
☐ 平/休×3期を並べる
☐ 平/休を並べ、3期を切替
☒ 3期を並べ、平/休を切替
☐ 平/休×3期を切替

項目選択
☐ 在室者
☐ 開閉-W256H22.31 窓 次IV V_普通...
☒ 開閉-W165H11.31 窓 次IV V_普通...
☐ 開閉-H18 室内ドア 片開
☐ 開閉-H18 室内ドア 片開
☐ 機器-エアコン(14畳用)1
☐ 機器-エアコン(14畳用)2
☐ 機器-モデル1_2用_機器1

☐ 有効
☒ 無効

OK キャンセル

図 10.5.12 スケジュール設定画面

図 10.5.13は「プロジェクト情報」画面である。ここではシミュレーションデータ作成を行うプログラムの選択や建物方位、気象データの選択などを行う。



図 10.5.13 プロジェクト情報画面

図 10.5.14は「通り芯設定」画面である。通り芯設定画面では、平面図の通り芯を設定する。「空間」を設置・変形する場合に、壁面位置は通り芯に自動吸着されるので、あらかじめ通り芯を設定しておくことにより空間の変形操作が容易になる。

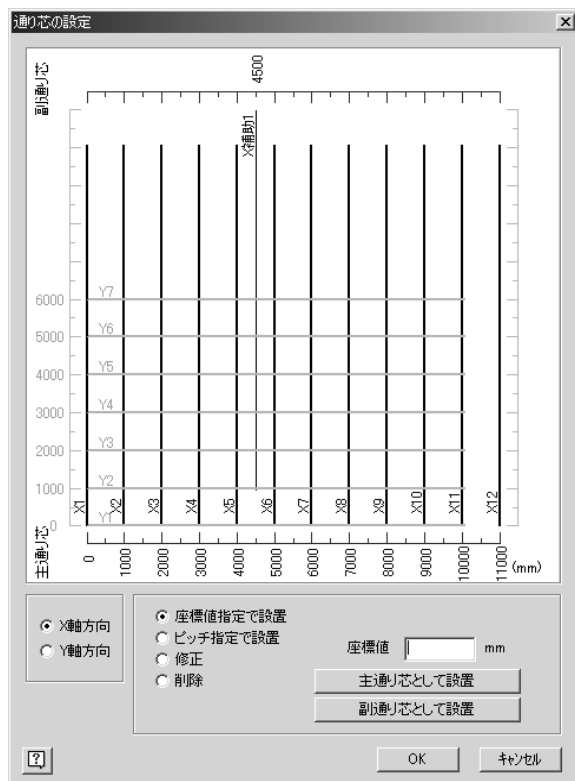


図 10.5.14 通り芯の設定画面

図 10.5.15は「高さ基準線の設定」画面で

ある。

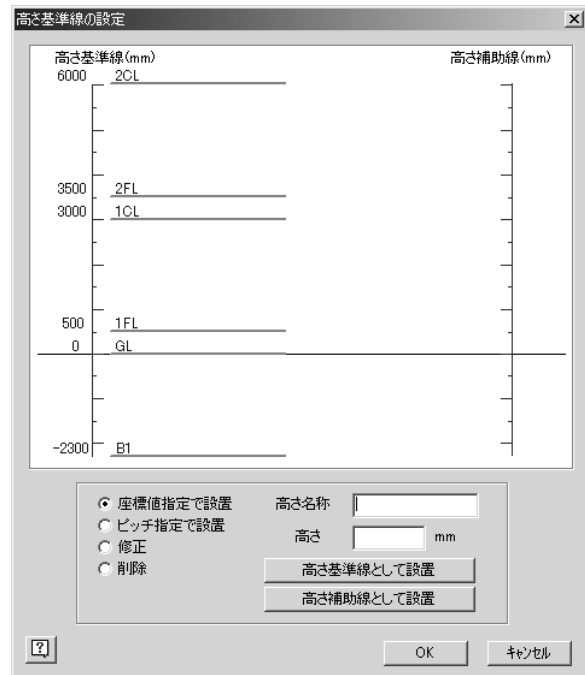


図 10.5.15 高さ基準線の設定画面

高さ基準線設定画面では、代表的な床面・天井面などの高さを設定する。ここで設定された高さ基準線に基づき、モデラー画面の高さ領域が定義され、「空間」を設置するときの上面・下面高さの基準となる。

図 10.5.16は「部位の一斉更新」画面である。この画面で部位タイプごとに更新したい層構成を指定すると、既に設置されてある空間構成面の中で該当する面の層構成データが一斉に更新される。異なる仕様での熱負荷や温湿度等の変化を見る場合などに使用する機能である。



図 10.5.16 部位の一斉更新画面

図 10.5.17は「コンバート」画面である。建物モデルの設定完了後、この画面で計算期

間や各種設定を行い、SMASH データに変換する。

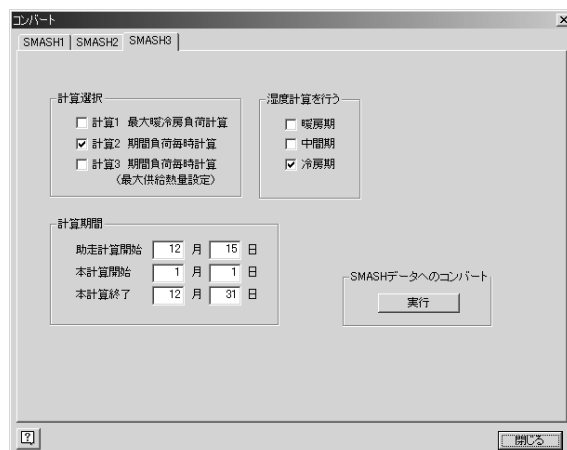


図 10.5.17 コンバート画面

10.5.3 SMASH 出力の表示・加エツール (AE-Visual Editor)

熱負荷計算プログラム SMASH は、内部では熱回路網の詳細な計算を行っているが、一般のユーザーには暖冷房負荷以外の出力(室温、表面温度等)をやや利用しにくい形になっており、住まい手への説明やプレゼンテーションに使えるような表現は難しかった。SMASH の普及状況を考慮すると、出力データの利用に関するツールを整備することの需要は大きいと考えられる。

そこで今回、入力ツール AE-CAD の開発とともに出力の表示・加エツール(通称 AE-Visual Editor)の開発を行った。

AE-Visual Editorでは、SMASH の計算結果を元に以下のような項目を表形式およびグラフで表示できる。

- 月別暖冷房負荷
- 日別暖冷房負荷
- 時刻別暖冷房負荷
- 温湿度(表面温度を含む)
- エネルギー消費・CO2 排出量・光熱費
- 快適性

表形式での表示例と、グラフの表示例を図 10.5.18および図 10.5.19に示す。

表形式表示では、表示項目の変更やソート機能、表中の任意の位置を切り取って CSV 形式に出力する機能などが利用できる。

グラフ表示でも同様に表示項目を変更でき、画像ファイルとしてグラフを出力することができる。



図 10.5.18 表形式表示(時刻別負荷)

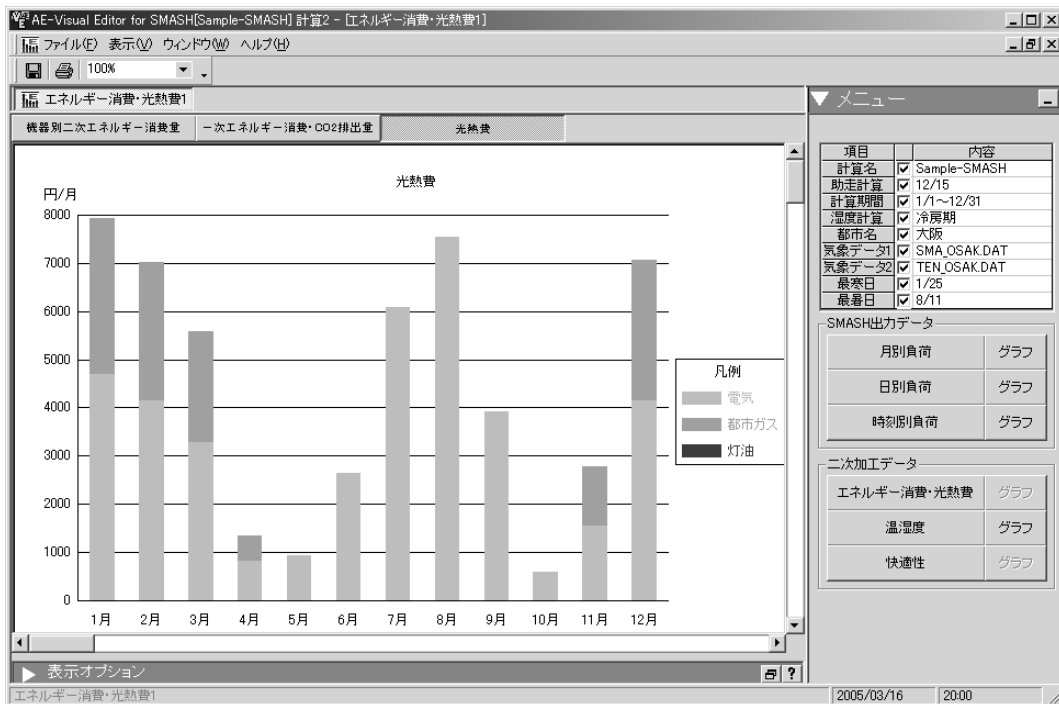


図 10.5.19 グラフ表示(光熱費)

10.6 開発物の利用について

本委員会で主導して開発を行った昼光照度計算プログラム Daylighting、および換気回路網計算プログラム VentSim に関しては、2005 年 3 月に行ったプログラム講習会を受けての最終的な調整を行っており、準備が整い次第一般向けの配布を開始する予定である。配布形式に関しては無償配布に近い形を想定しているが、メンテナンス等の扱いに関して調整を行っている。

入力インタフェース AE-CAD とデータコンバータ、出力表示加工ツールに関しては、(独)建築研究所と(株)山内設計室の共同開発物であり、山内設計室から発売されている。自立住宅型住宅開発委員会の参加メンバーには割引価格が適用されるが、詳細は問い合わせされたい。山内設計室のホームページ(<http://www.yp-i.co.jp/>)で試用版を入手できる。

10.7 まとめと今後の課題

本委員会では、各種シミュレーションツールの普及による住宅性能と室内環境の向上、環境負荷軽減等を目的として、昼光照度シミュレーションプログラム Daylighting の開発と検証、換気回路網計算プログラム VentSim の改良を行い、それらのプログラムや暖冷房負荷計算プログラム SMASH などで共通に使用できる入出力インタフェース AE-CAD の開発を行った。

今後はこれらの配布・普及を促進するとともに、各種ケーススタディにより検討事例の収集を図ることが課題である。

また、今回開発した昼光・換気、および熱負荷等のシミュレーションを単独で行うのではなく、包括的なシミュレーションを行うことができるようなプログラムの開発が望まれる。そのためにも、光・熱・換気といった異なる領域の計算結果を適切に評価するための手法の開発も重要である。