

2層多室系換気計画支援システム

*FRESH AIR*

User's Manual

## 目次

第1章	はじめに	3
1.1	概要	3
1.2	システム構成	4
第2章	インストール	5
2.1	動作環境	5
2.2	インストール手順	6
2.3	システムの起動と終了	9
第3章	プリ・プロセッサの使い方	10
3.1	プリ・プロセッサを起動する	10
3.2	新規データを作成する	12
3.3	ファイルを開く	12
3.4	外気データを設定する	13
3.5	形状を作成する	17
3.6	居室データを設定する	20
3.7	開口データを設定する	22
3.8	入力データを確認・変更する	27
3.9	作成したデータを保存する	29
3.10	プリ・プロセッサを終了する	30
第4章	解析	31
4.1	解析を実行する	31
4.2	解析が終了したら	32
4.3	解析パラメータを変更する	33
第5章	ポスト・プロセッサの使い方	34
5.1	ポスト・プロセッサを起動する	34
5.2	解析結果を表示させる	36
5.3	表示の大きさを変える	37
5.4	ポスト・プロセッサを終了する	37

第6章	解析例	
6.1	解析データ設定	..... 38
6.2	解析結果	..... 39
第7章	データファイルの内容	..... 40
第8章	解析方法	..... 42
7.1	多室系換気問題の基礎式	..... 42
7.2	Newton-Raphson 法による収束計算	..... 44
第9章	参考文献	..... 46

# 第1章 はじめに

## 1.1 概要

FRESH AIR はパソコンによる2層多室系換気計画支援システムである。

近年、住環境の快適性の追及や省エネルギーの要求から、住宅の気密性が向上し、従来の自然換気では十分な換気量の確保が難しくなっている。その結果、結露やカビ・ダニの発生など問題が生じている。

このような問題を解決するには、適切な換気計画により必要な換気量を確保しなければならない。換気計画は解析パラメータの設定量が非常に多く、換気計算は非線形を示すため収束計算を行う必要がある。そのため、換気計画は専門知識を持つ技術者に委ねられるのが現状であり、設計者自身の考えが十分に反映されない。

FRESH AIR は設計者自身が簡単にパラメータの設定・変更ができ、部屋間の換気量や換気経路の把握を目的に開発した。GUI(Graphic User Interface)とグラフィック表示を考慮した、自然換気と機械換気を同時に扱い解析できるシステムである。

## 1.2 システム構成

FRESH AIR はプリ・プロセッサ、数値解析部、ポスト・プロセッサで構成されています。各部の機能概要は次に示す通りです。

### ○プリ・プロセッサ

解析に必要なデータを設定します。設定するデータは、

①外気データ(風向、風速、外気温)、②居室データ(居室形状、室容積、室温、機械換気量)、③開口データ(開口取り付け高さ、大きさ、隙間特性値、流量係数、風圧係数)

です。設定したデータは[データ確認]機能で確認でき、[データ修正]機能で修正できます。

### ○解析部

解析部はプリ・プロセッサで作成したデータファイルを使用して解析を行います。

### ○ポスト・プロセッサ

解析結果をグラフィックスと数値で表示します。表示内容は

①室内圧、②換気量、③換気回数

です。換気量は流れの向きと大きさを矢印と数値で表します。グラフィックスは拡大・縮小が可能です。

## 第2章 インストール

FRESH AIR に必要な動作環境、インストール手順、そしてシステムの起動と終了の方法を説明します。

### 2.1 動作環境

FRESH AIR を利用するためには以下のものがが必要です。

- パソコン

MS-Windows2000 をセットアップしたパソコンが必要です。

- ディスプレイ

800600 ピクセル以上の解像度で表示しても見やすい程度の大きさのもの。

- ハードディスクドライブ

FRESH-AIR はハードディスクにインストールして使用します。

- CD-ROM ディスクドライブ

FRESH AIR をインストールするときに必要です。

- マウス

FRESH AIR はマウス操作で利用します。

- テキストエディター

データファイルを開いたり、編集したりするときに必要です。

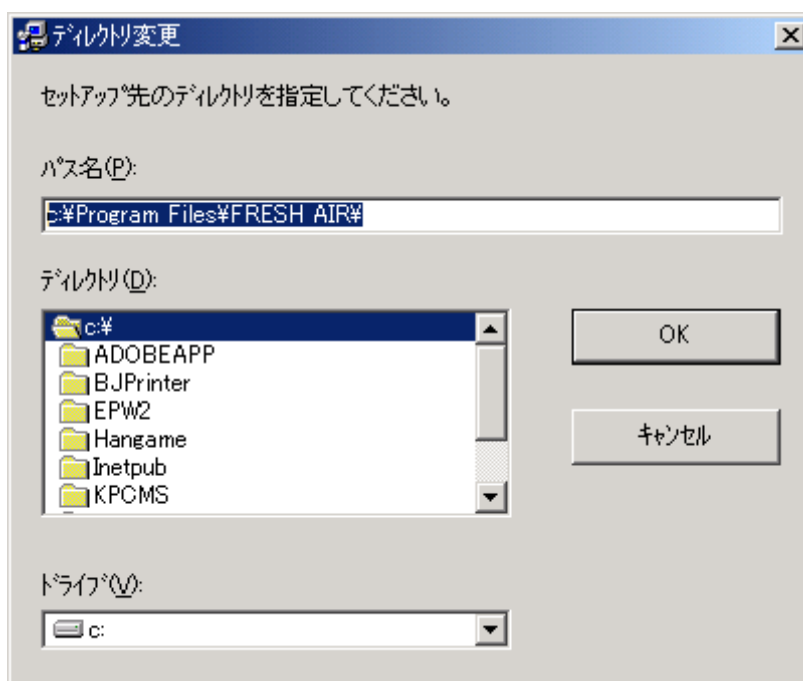


3. [FRESH AIR セットアップ]画面で[OK]ボタンをクリックしてください。  
次の画面が表示されます。



セットアップ画面 2

4. [ディレクトリ変更]ボタンをクリックします。  
[ディレクトリ変更]画面が表示されます。



[ディレクトリ変更]画面



[パス名]テキストボックスに次のパスを入力し、[OK]ボタンをクリックします。

**C:\Program Files\FRESH AIR**

5. [セットアップ画面 2]のパソコンの絵のアイコンをクリックします。



インストールが開始します。

以上でインストールは終わりです。

## 2.3 システムの起動と終了

FRESH AIR の起動と終了の方法を説明します。

### FRESH AIR を起動する

1. FRESH AIR のアイコン（ショートカット）をダブルクリックします。  
FRESH AIR の[メイン]画面が表示されます。



起動時画面



メイン画面

### FRESH AIR を終了する

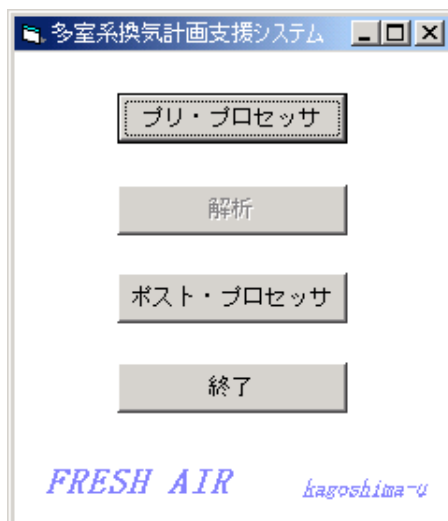
2. [メイン]画面の[終了]ボタンをクリックします。  
FRESH AIR が終了します。

## 第3章 プリ・プロセッサの使い方

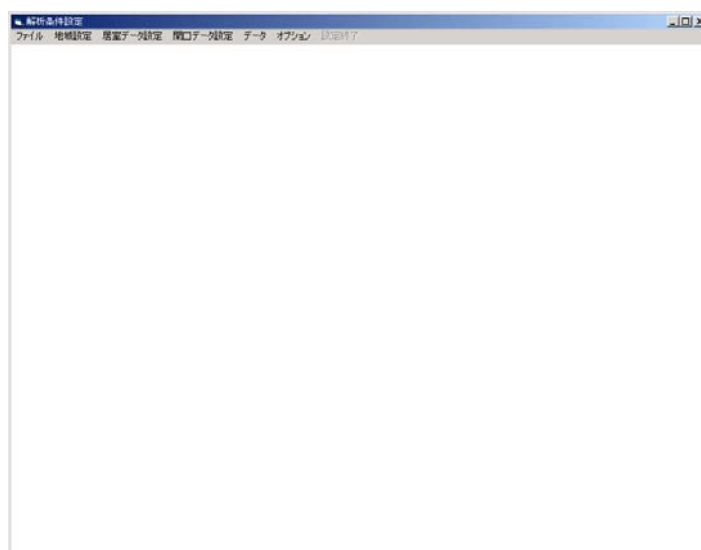
プリ・プロセッサは居室の形状作成と解析に必要なデータを入力する処理をします。

### 3.1 プリ・プロセッサを起動する

FRESH AIR の[メイン]画面から[プリ・プロセッサ]ボタンをクリックします。  
[プリ・プロセッサ]画面が表示されます。

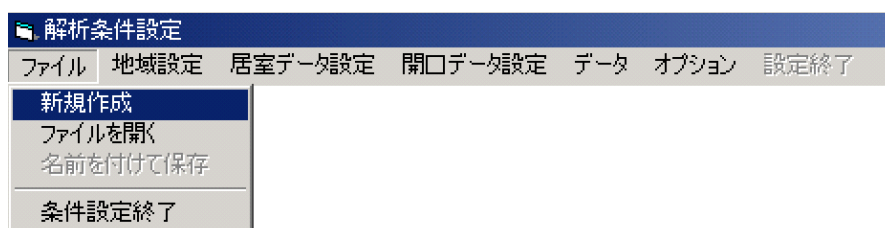


[メイン]画面



[プリ・プロセッサ]画面

## プリ・プロセッサのメニューの内容



### プリ・プロセッサのメニュー

#### [ファイル]

データファイルの新規作成、オープン、セーブ、条件設定終了を指定します。

#### [地域設定]

対象地域、外気データを設定します。

#### [居室データ設定]

居室の形状作成、居室データを設定します。

#### [開口データ設定]

開口データを設定します。

#### [データ]

設定したデータの確認と修正をします。

#### [オプション]

解析に必要なその他の設定を行います。

#### [設定終了]

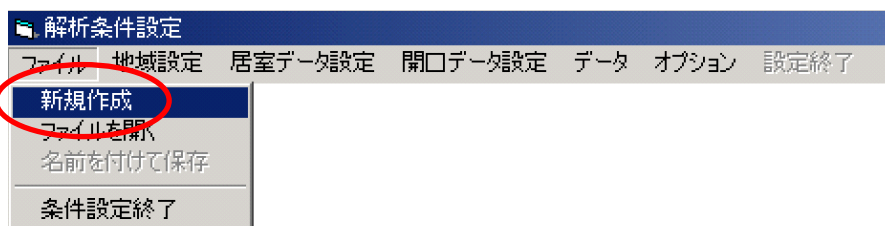
それぞれのデータ設定を終了するときに選びます。

## 3.2 新規データを作成する

新規に全てのデータを作成します。

1. [ファイル]－[新規作成]コマンドを選びます。  
プリ・プロセッサのメニューが選択できるようになります。

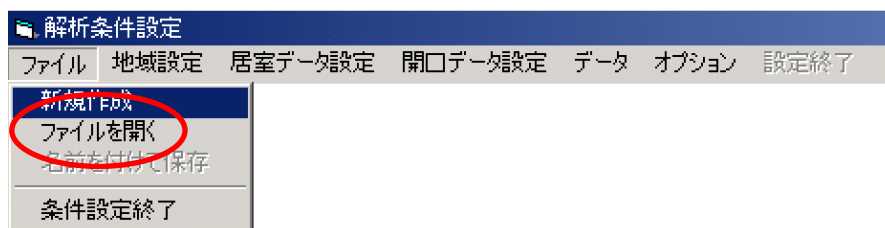
「3.4 外気データを設定する」からデータ入力を始めてください。



## 3.3 ファイルを開く

過去に FRESH AIR で作成したデータファイルをオープンします。

1. [ファイル]－[ファイルを開く]コマンドを選びます。  
ファイルを選ぶ画面が表示されます。

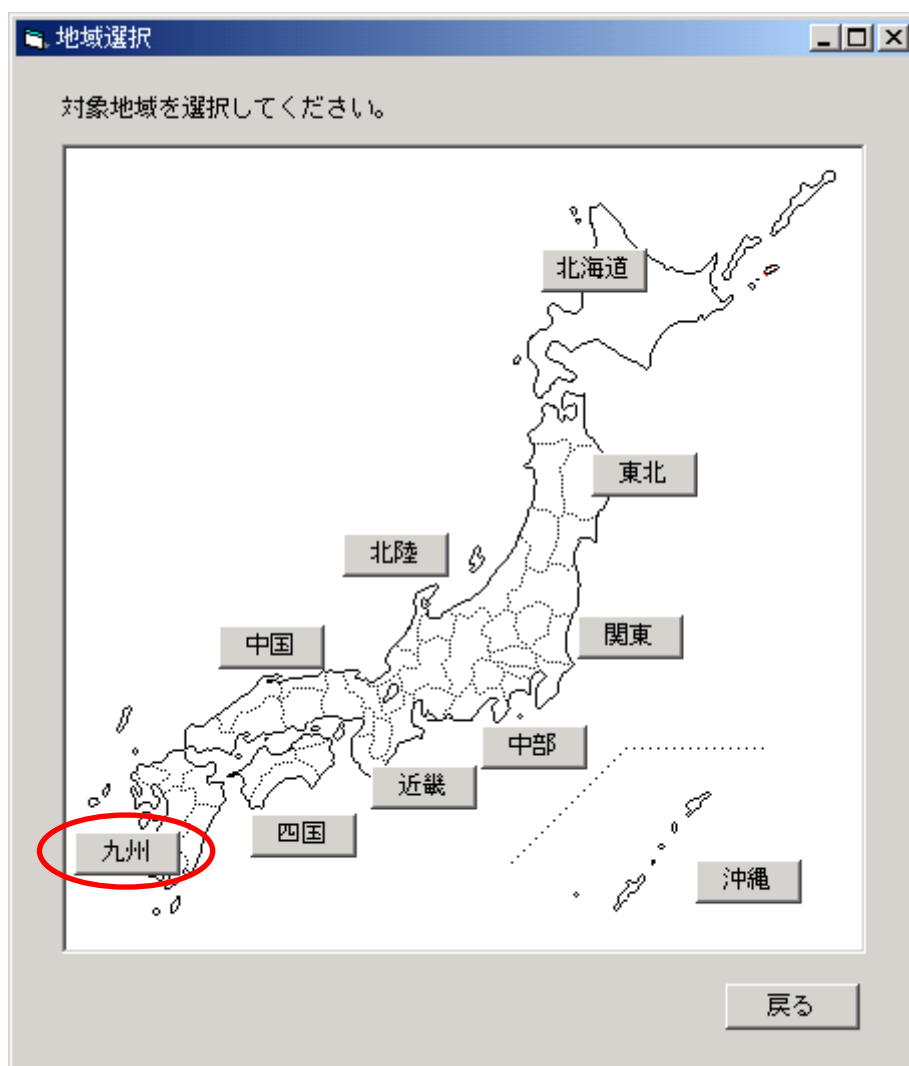


[プリ・プロセッサ]画面

2. オープンするファイルを選び、[開く]ボタンをクリックします。  
指定したデータが読み込まれ、プリ・プロセッサ画面に表示されます。

### 3.4 外気データを設定する

2. プリ・プロセッサのメニューより[地域設定]を選びます。  
[地域選択]画面が表示されます。
2. 計画地が含まれる地域を選びます。  
ここでは[九州]ボタンをクリックします。



[地域選択]画面

3. 計画地である都道府県を選びます。  
ここでは[鹿児島]ボタンをクリックします。



[地域選択]画面

計画対象都道府県を選択すると [外気データ設定]画面が表示されます。

4. 計画地の風向、風速、外気温を設定します。  
方位は16方位から選択してください。

外気データの設定

都道府県

対象地域の平均値に設定する。

年間の平均値

風向

風速  m/s

外気温  °C

[外気データ設定]画面

計画地の外気データの平均値を選択することができます。[選択]ボタンをクリックします。[平均値読込]画面が表示されます。

平均値読込

年間の平均値

季節別の平均値

月別の平均値

[平均値読込]画面

「年間平均」、「季節別平均」、「月別平均」を選び、[読込]ボタンをクリックすると、風向、風速、外気温の入力ボックスにデータが入力されます。



5. [設定] ボタンをクリックします。  
設定したデータが記憶されます。

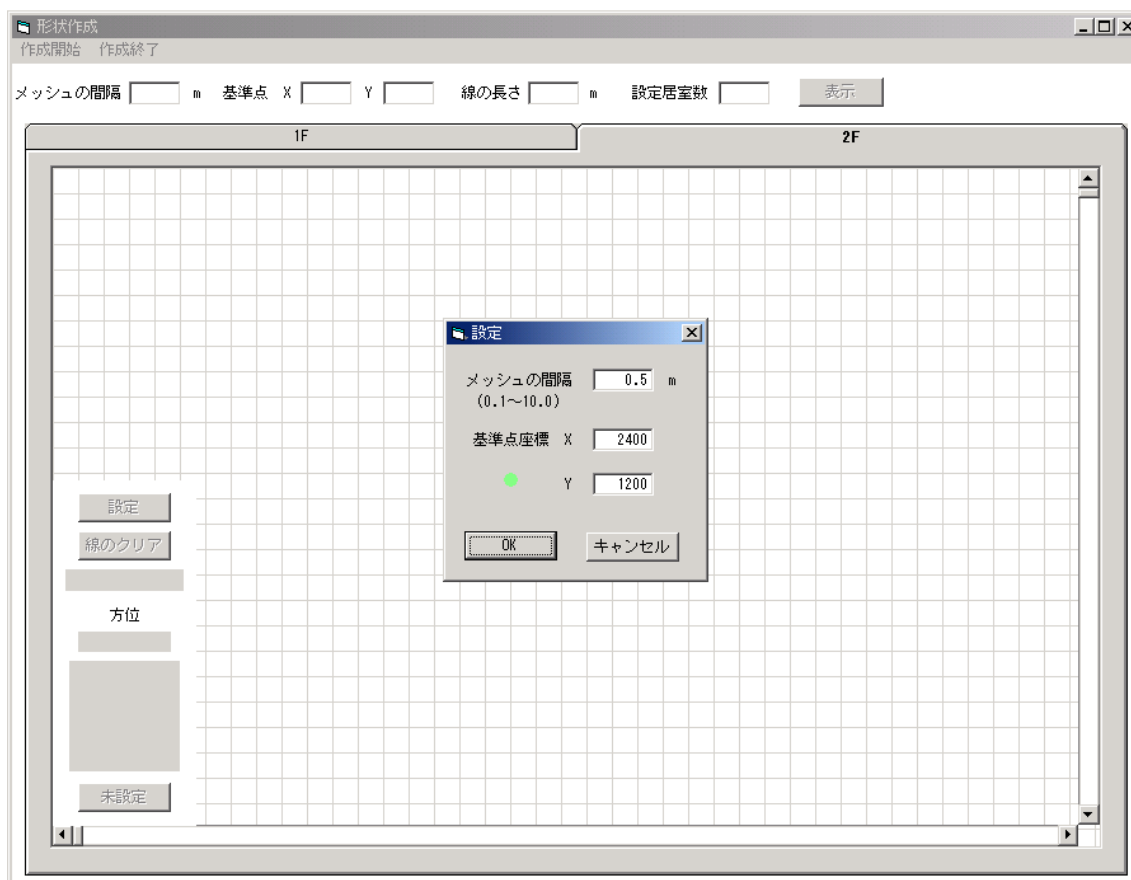
6. [終了] ボタンをクリックします。  
プリ・プロセッサ画面に戻ります。

### 3.5 形状を作成する

計画している建物の居室の形状を作成します。

1. [プリ・プロセッサ]画面のメニューから[居室データ設定]－[形状作成]コマンドを選びます。

[形状作成]画面が表示されます。



[形状作成]画面

2. [作成開始]コマンドをクリックします。  
「メッシュの間隔」、「基準点座標」を入力する画面が表示されます。  
あらかじめ値が入力されています。ケースに応じて変更してください。
3. [OK]ボタンをクリックします。  
1階設定画面に切り替えてください。

#### 4. 方位を設定します。

方位選択は1階設定画面の画面左下にあります。16方位から選びます。方位を決定すると2階設定画面上にも方位が表示されます。形状作成中であればいつでも変更できます。[風向表示]ボタンをクリックすると方位上に風向が表示されます。

#### メモ

外気データが未設定の場合は風向の矢印は表示されず「未設定」と表示されます。

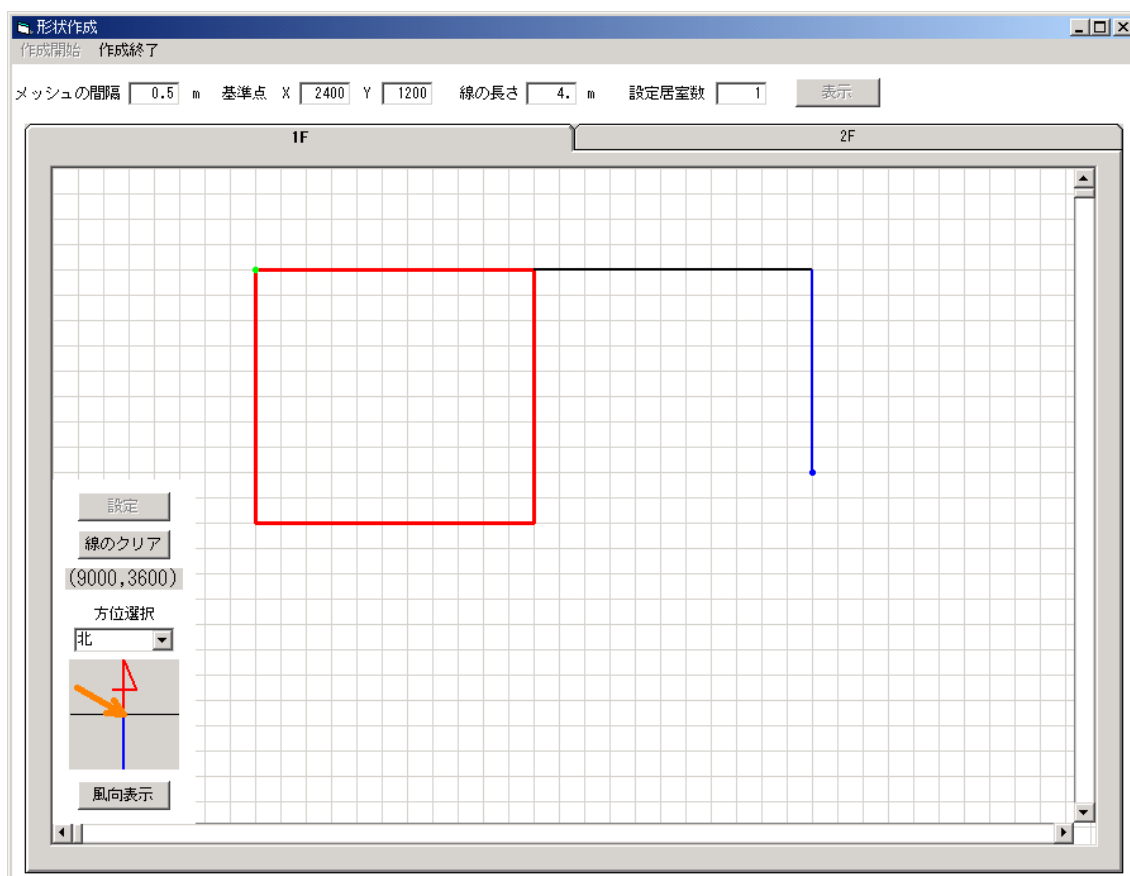
#### 5. 形状を作成します。

始めに1階の形状を作成します。

ある点でクリックするとその点を始点として青い線が表示されます。再び始点以外の場所でクリックすると、その点を終点とした黒い線が描かれます。この作業を繰り返し、居室の形を矩形で作成します。1本目の始点と4本目の終点が一致すると黒線で囲まれた1室の形状が完成します。[設定]ボタンをクリックすると黒線で囲まれた1室が赤線に変わり形状が記憶されます。

廊下や階段部分も分割し矩形で表します。

1階の作成が終わったら画面を2階に切り替えて形状作成します。

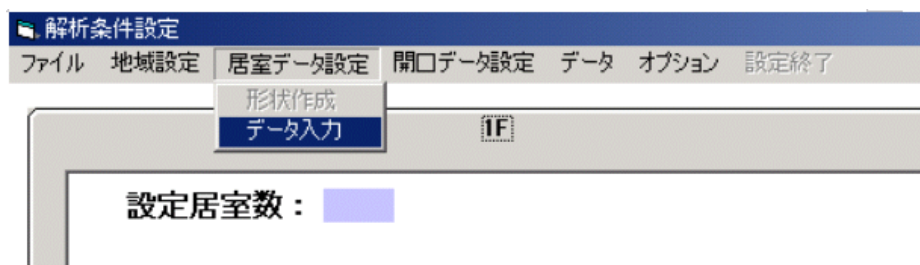


[形状作成]画面

6. 間違って点を取った場合は[線のクリア]ボタンをクリックしてください。  
一つ前の作業に戻ります。
  
7. 全ての居室の作成が終わったら、メニューの[作成終了]コマンドをクリックします。
  
8. [表示]ボタンをクリックすると、プリ・プロセッサ画面に作成した居室の形状が表示されます。

### 3.6 居室データを設定する

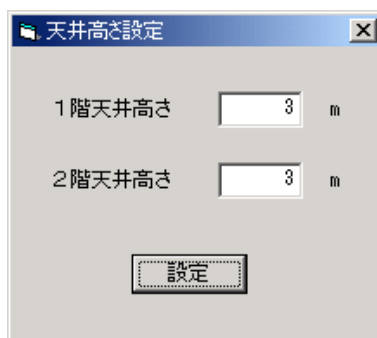
形状作成が終わったら各居室の室温、機械換気量を設定します。



[プリ・プロセッサ]画面

1. [プリ・プロセッサ]画面のメニューから[居室データ設定]－[データ入力]コマンドを選びます。

[天井高さ設定]画面が表示されます。

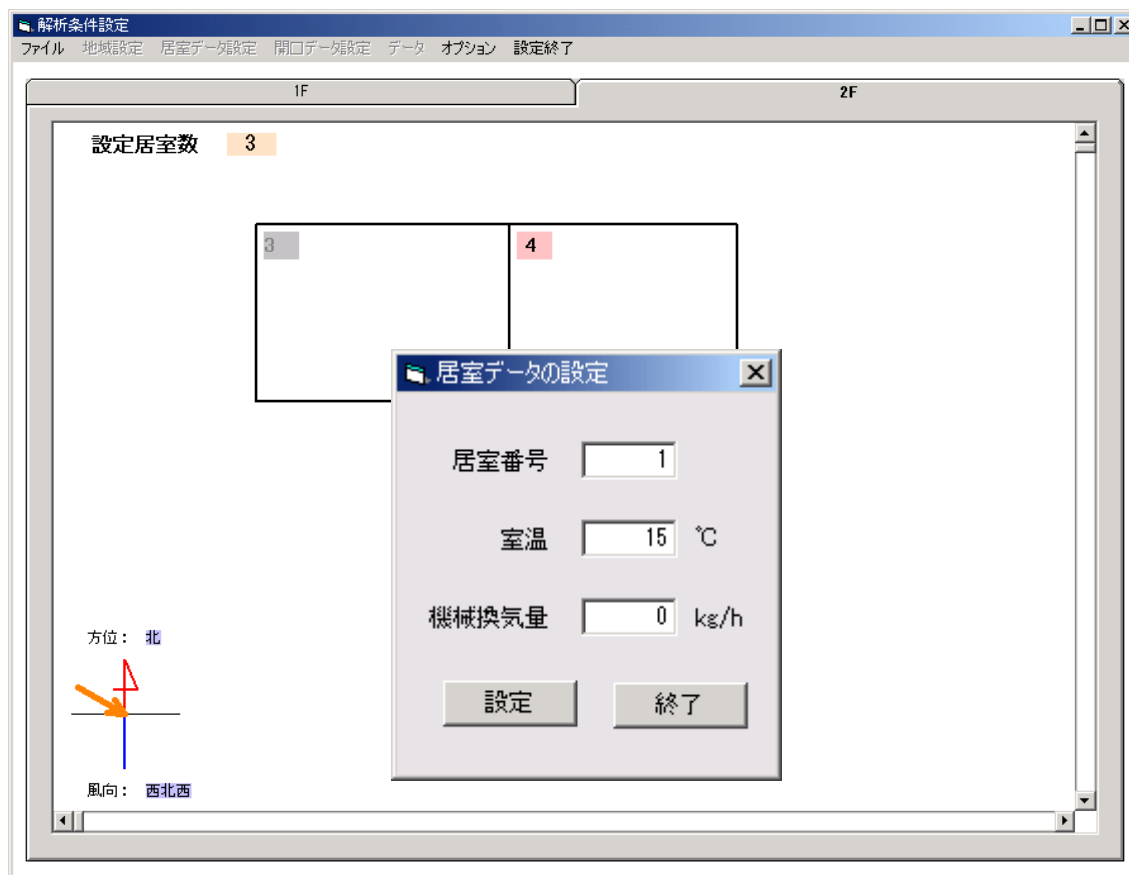


[天井高さ設定]画面

2. 1階、2階それぞれの天井高さを入力して[設定]ボタンをクリックします。

3. 居室番号が表示されている部分をクリックします。

[居室データ入力]画面が表示されます。



[居室データ入力]画面

4. 居室番号、室温、機械換気量を入力したら[設定]ボタンをクリックする。

居室番号は選択した番号が自動的に入力されます。

#### 注意

機械換気力は正が流入、負が流出です。

5. [終了]ボタンをクリックします。

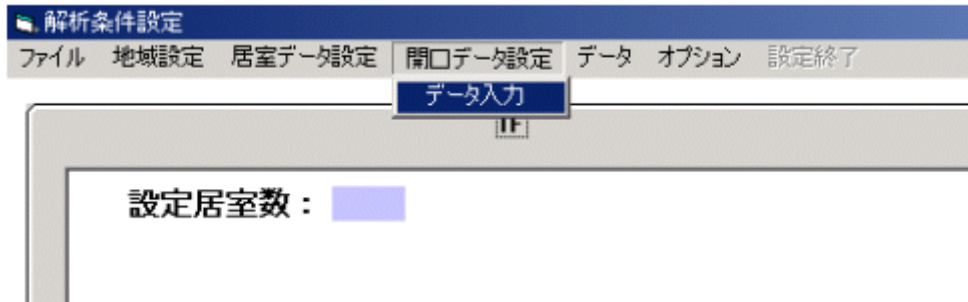
居室データが設定された居室番号の色は変更されます。

6. 全ての居室データ設定が終わったら、メニューの[設定終了]コマンドをクリッ

クします。

### 3.7 開口データを設定する

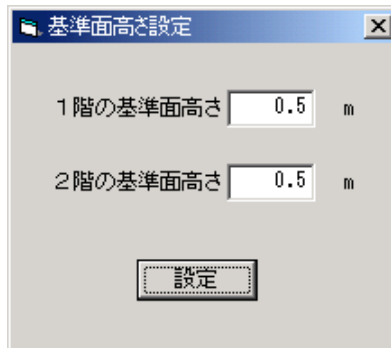
開口の設定を行います。



[プリ・プロセッサ]画面

1. [プリ・プロセッサ]画面のメニューから[開口データ設定]－[データ入力]コマンドを選びます。

[基準面高さ設定]画面が出てきます。



[基準面高さ設定]画面

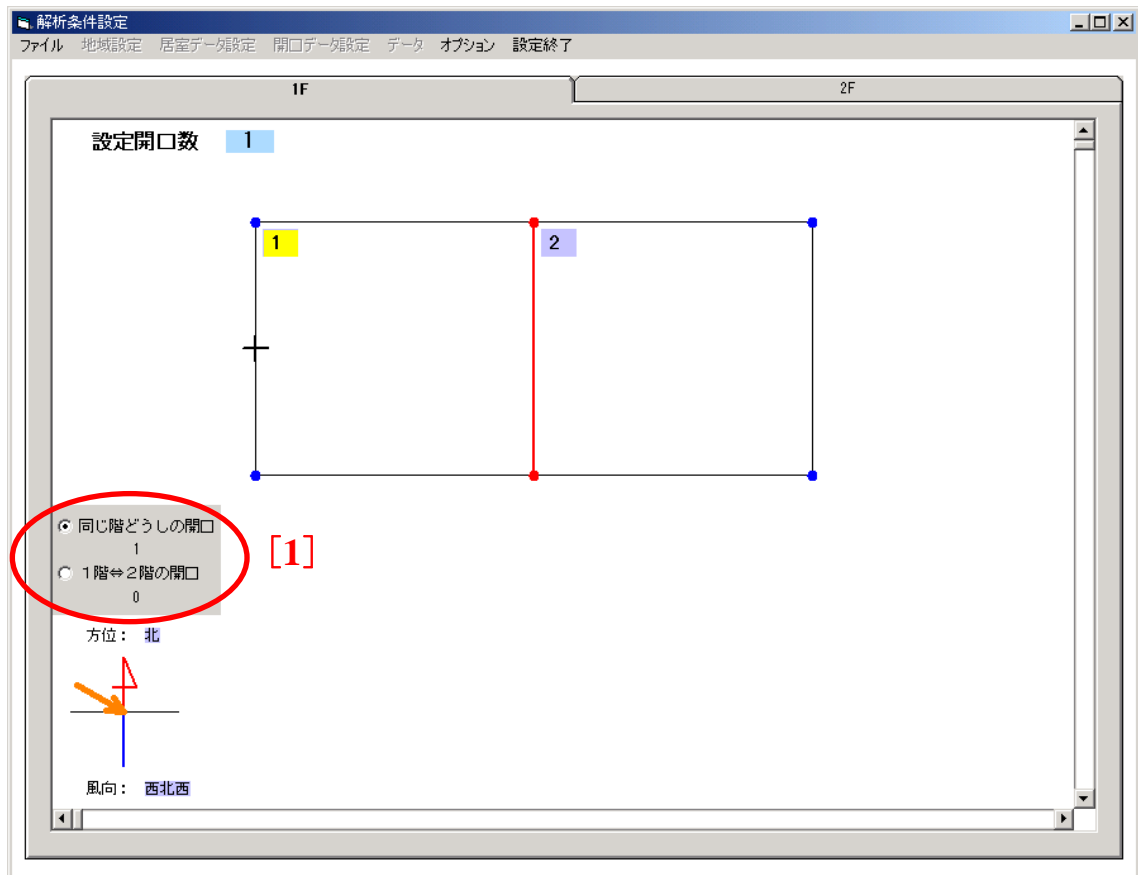
2. 1階・2階それぞれの基準面高さを入力して[設定]ボタンをクリックします。

●1階居室間・2階居室間の開口設定について

3. 画面左下の同じ階の居室間の開口[1]にチェックを付けます。

4. 開口を設けたい壁面の両端(居室の節点=青点)2点をクリックします。

選択された壁面の色が赤に変更されます。



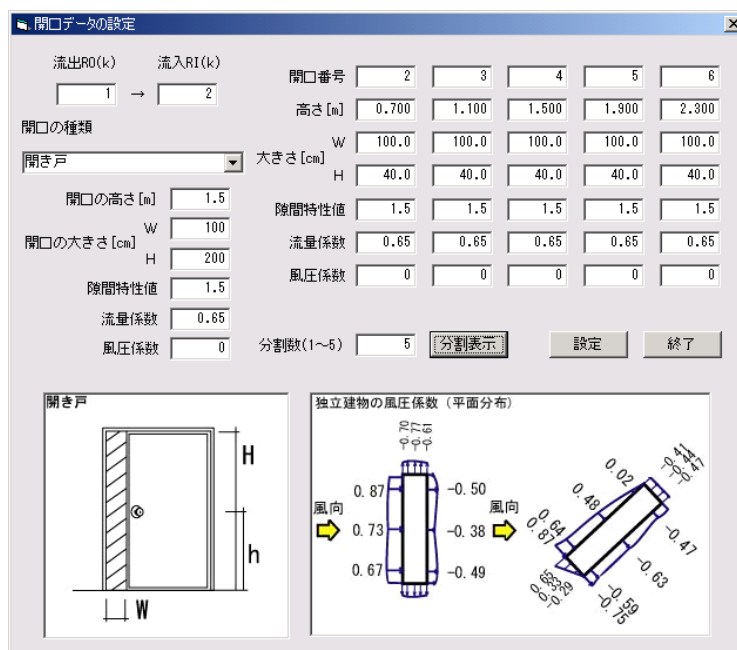
開口設定時の[プリ・プロセッサ]画面



5. 開口を挟む2室の居室番号をクリックします。

選択された居室番号が黄色に変更されます。

2つ目の隣室を選択すると[開口データ設定]画面が表示されます。



[開口データ設定]画面

### 注意

開口が外気に面している場合は、室内である居室番号を2度クリックすると[開口データ設定]画面が表示されます。

### ●1階と2階をつなぐ開口の設定について

6. 画面左下の1階⇔2階の開口[1]にチェックを付けます。

7. 1階の居室番号と2階の居室番号をクリックします。

選択された居室番号が黄色に変更されます。

[開口データ設定]画面が表示されます。

## 開口データ設定の詳細設定について

開口データの設定

流出RO(k) 1 → 流入RI(k) 2

開口の種類 [1]  
開き戸

開口の高さ[m] 1.5

開口の大きさ[cm] W 100 H 200

隙間特性値 1.5

流量係数 0.65

風圧係数 0

開口番号	2	3	4	5	6
高さ[m]	0.700	1.100	1.500	1.900	2.300
大きさ[cm]	W 100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	H 40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
隙間特性値	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
流量係数	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
風圧係数	0	0	0	0	0

分割数(1~5) 5 分割表示 [2] 設定 終了

開き戸

独立建物の風圧係数 (平面分布)

[開口データ設定]画面

1. 流出・流入部屋番号は自動的に設定されます。

2. 開口の種類[1]を設定します。

外壁用換気口、窓、開き戸(アンダーカット・ガラリ・上部換気口)、通路、階段などが登録されています。

選択すると一般的な値が各ボックスに設定されます。

**3. 風圧係数を設定します。**

開口の場所と風向から風圧係数分布図を参照して値を入力します。

**注意**

室内の開口の場合は自動的に0が設定されます。

**4. 開口の分割数を設定します。**

縦長の開口では開口を分割する必要があります。

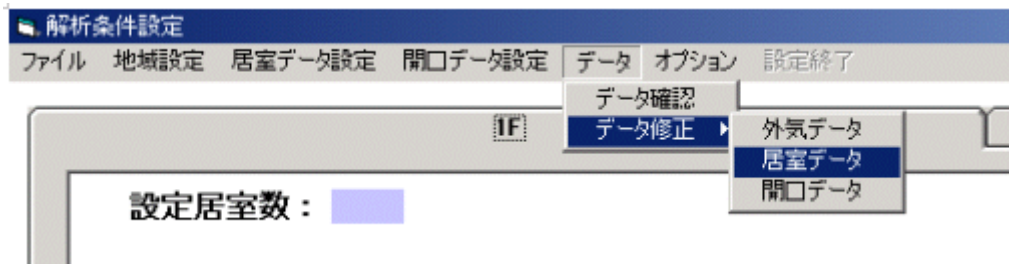
分割数(1~5)を入力し[分割表示][2]をクリックすると、自動的に開口を分割し各値をボックスに設定する。

**5. 全ての値を入力し終わったら、[設定]ボタンをクリックします。**

**6. [終了]ボタンをクリックします。**

全ての開口データ設定が終わったら、メニューの[設定終了]コマンドをクリックします。

### 3.8 入力データを確認・変更する

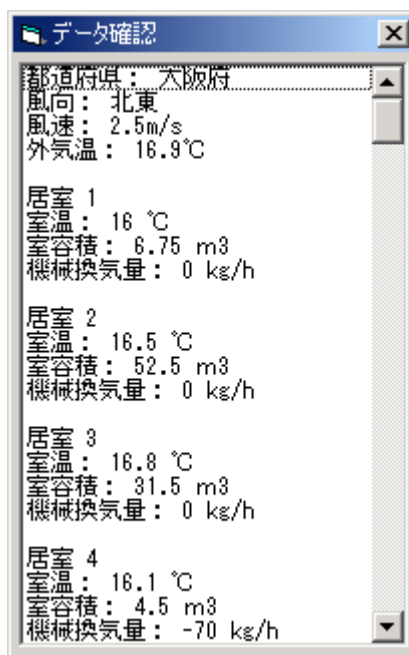


[プリ・プロセッサ]画面

#### データの確認

1. [プリ・プロセッサ]画面のメニューから[データ]—[データ確認]コマンドを選びます。

[データ確認]画面が表示されます。

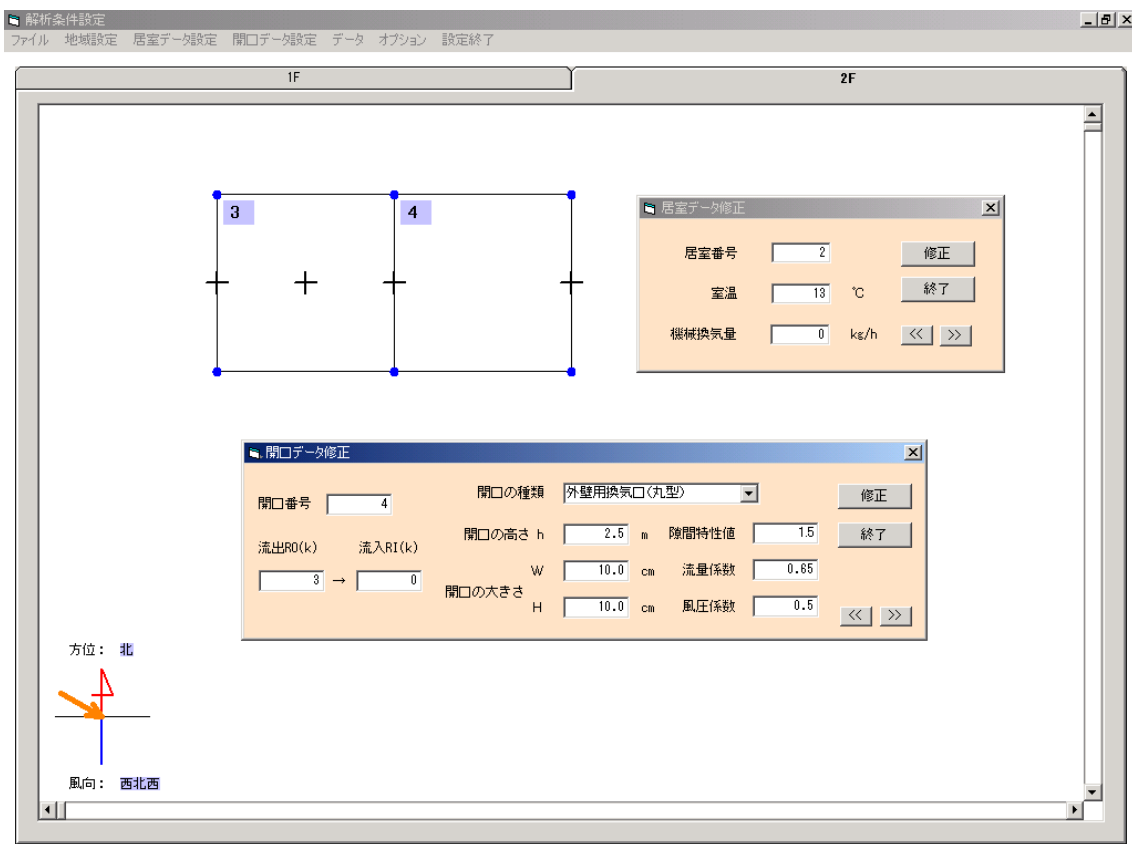


[データ確認]画面

## データの修正

1. [プリ・プロセッサ]画面のメニューから[データ]–[データ修正]コマンドを選びます。
2. 修正するデータを選びます。

[外気データ]、[居室データ]、[開口データ]から選んでください。  
[データ修正]画面が表示されます。



[データ修正]画面

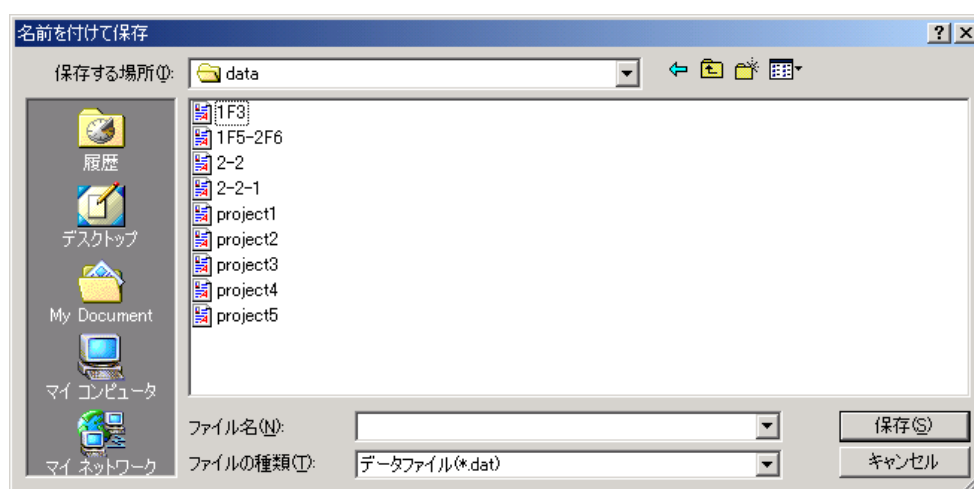
3. 修正する居室または開口を[<<]と[>>]で選びます。
4. データを修正し、[修正]ボタンをクリックします。
5. [終了]ボタンをクリックします。

### 3.9 作成したデータを保存する

作成したデータをファイルに保存する方法を説明します。

1. [プリ・プロセッサ]画面のメニューから[ファイル]－[名前を付けて保存]コマンドを選びます。

[ファイル保存]画面が表示されます。



[ファイル保存]画面

2. [ファイル名]テキストボックスに保存するファイル名を入力します。
3. [保存]ボタンをクリックします。

### 3.10 プリ・プロセッサを終了する

データの作成、保存が終わったらプリ・プロセッサを終了します。

- 1.** [プリ・プロセッサ]画面のメニューから[ファイル]－[条件設定終了]コマンドを選びます。

メイン画面に戻ります。

## 第4章 解析

プリ・プロセッサで作成したデータを元に解析を行います。

### 4.1 解析を実行する

1. プリ・プロセッサでデータ設定を行い、[ファイル]－[条件設定終了]コマンドをクリックすると[メイン]画面に戻ります。
2. [解析]ボタンをクリックします。

解析が始まります。

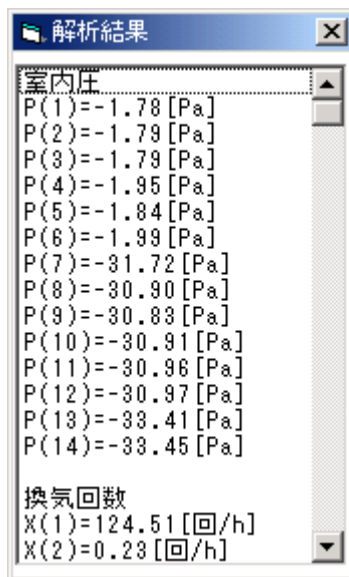


[メイン]画面



## 4.2 解析が終了したら

解析が終了すると[解析結果表示]画面が表示されます。



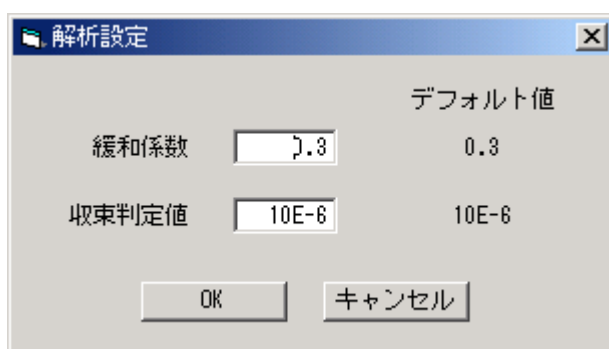
[解析結果表示]画面

### 4.3 解析パラメータを変更する

必要に応じて変更してください。

1. [プリ・プロセッサ]画面のメニューから[オプション]－[解析パラメータ]コマンドを選びます。

[解析パラメータ設定]画面が表示されます。



[解析パラメータ設定]画面

緩和係数 : 収束の安定性を得るために修正値に乘じる係数

収束判定値 : 残差量の絶対値収束判定

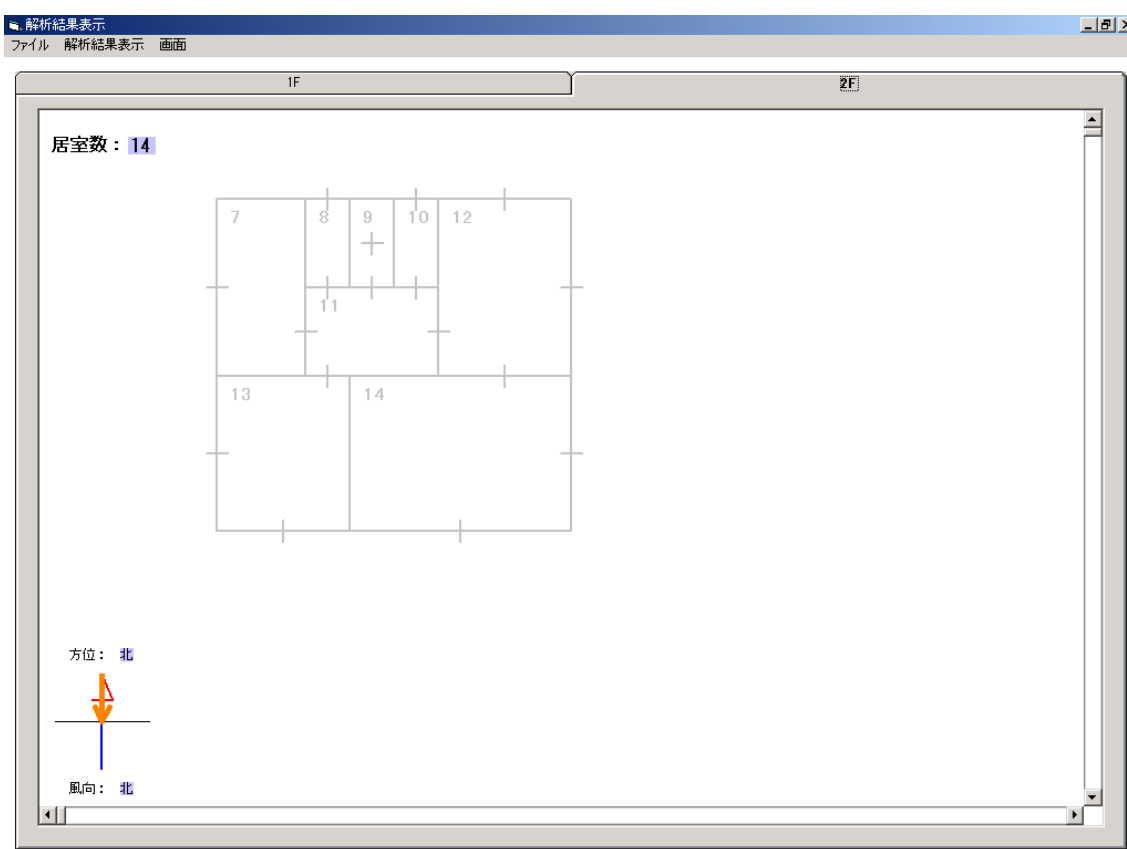
2. 値を入力し、[OK]ボタンをクリックしてください。

## 第5章 ポスト・プロセッサの使い方

ポスト・プロセッサは解析結果をグラフィックスと数値で表示します。

### 5.1 ポスト・プロセッサを起動する

1. FRESH AIR の[メイン]画面から[ポスト・プロセッサ]ボタンをクリックします。  
[ポスト・プロセッサ]画面が表示されます。



[ポスト・プロセッサ]画面

## ポスト・プロセッサのメニューの内容



### ポスト・プロセッサのメニュー

#### [ファイル]

解析結果を保存、ポスト・プロセッサを終了します。

#### [解析結果表示]

室内圧[Pa]、換気量[m<sup>3</sup>/h]、換気回数[回/h]を表示します。

#### [画面]

グラフィックス表示の拡大・縮小を行います。

## 5.2 解析結果を表示させる

### 室内圧[Pa]を表示する

1. [解析結果表示]－[室内圧表示 [Pa]]コマンドを選びます。

### 換気量[m<sup>3</sup>/h]を表示する

2. [解析結果表示]－[換気量表示 [m<sup>3</sup>/h]]コマンドを選びます。

### 換気回数[回/h]を表示する

3. [解析結果表示]－[換気回数表示 [回/h]]コマンドを選びます。

### 5.3 表示の大きさを変える

グラフィックス表示の大きさを変える方法を説明します。

#### 拡大する

[画面]－[拡大]コマンドをクリックします。

クリックすると元のグラフィックスの 1.5 倍表示、2 倍表示、2.5 倍表示されます。

#### 縮小する

[画面]－[縮小]コマンドをクリックします。

クリックするとグラフィックスが縮小します。

#### 標準に戻す

[画面]－[標準に戻す]コマンドをクリックします。

拡大されたグラフィックスが元の大きさに戻ります。

### 5.4 ポスト・プロセッサを終了する

ポスト・プロセッサを終了します。

1. [ポスト・プロセッサ]画面のメニューから[ファイル]－[終了]コマンドを選びます。

メイン画面に戻ります。

## 第6章 解析例

簡単な解析例を示します。

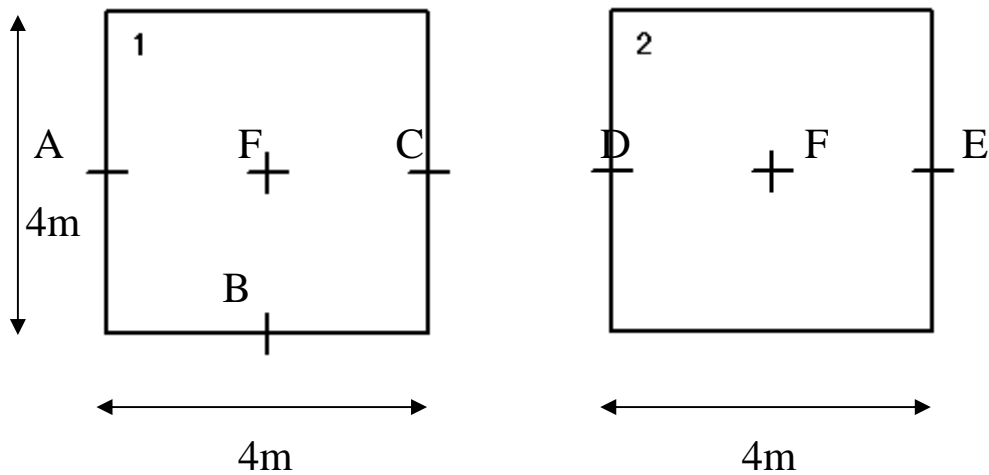
### 6.1 解析データ設定

以下の表のように外気・居室・開口データを、図のように居室形状を設定します。

風向	西北西
風速[m/s]	3.4
外気温[°C]	18.9

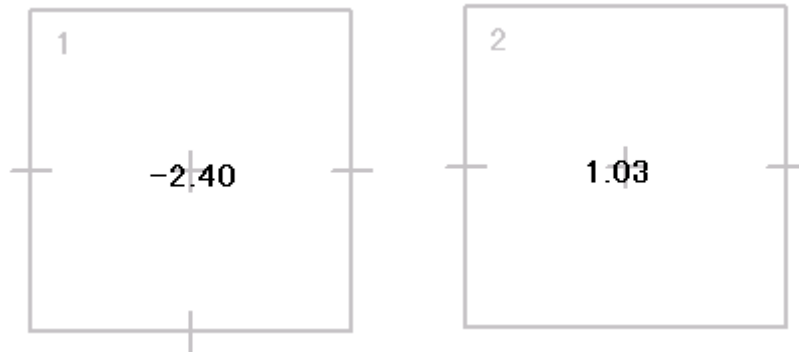
居室番号	室温[°C]	室容積[m <sup>3</sup> ]
1	17.9	48
2	18.1	48

開口番号	W[cm]	H[cm]	隙間特性値	流量係数	風圧係数	分割数
A	10	10	1.5	0.65	0.5	1
B	10	10	1.5	0.65	-0.3	1
C	10	100	1.5	0.65	-0.2	5
D	25	15	1.5	0.65	0.5	1
E	10	100	1.5	0.65	-0.3	5
F	150	150	1.5	0.65	0	1

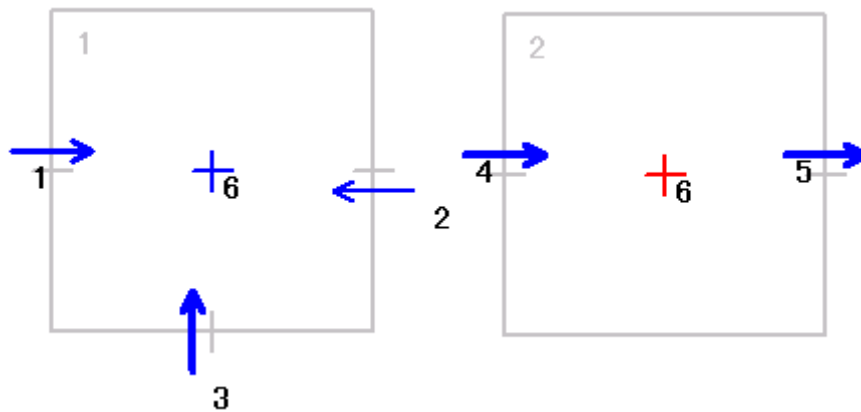


設定したファイルは data ファイルの中に「例題.dat」としてあります。

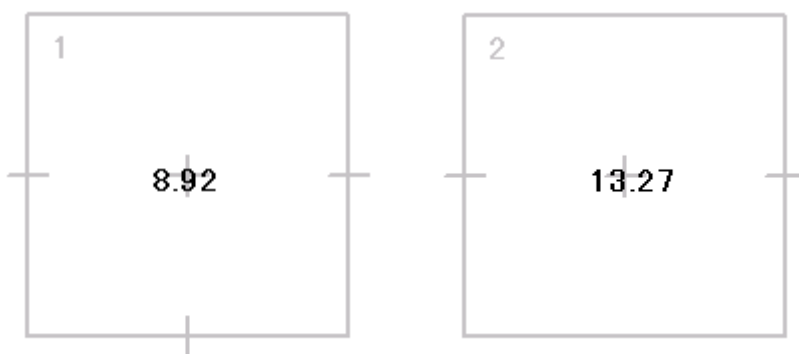
## 6.2 解析結果



室内压 [Pa]



換気量 [m³/h]



換気回数 [回/h]



## 第7章 データファイルの内容

プリ・プロセッサで作成したデータを保存したファイルです。

15 7 95 46 1 3.5 12.5 0.3 0.3 2.7 2.7	}	総居室数 1階居室数 総開口数 1階開口数
		1階・2階を繋ぐ開口数 風速 外気温 1階、2階基準面高さ 1階、2階天井高さ
鹿児島県	}	対象地域
16 北北西		風向
北	}	方位
1 17.5 2 5.4 0		}
2 2 17.6 2 5.4 0		
.....途中省略		
13 19.2 10.5 28.35 0	}	開口番号 流出番号 流入番号 開口の種類 開口取り付け位置 開口幅 開口高さ 開口面積 隙間特性値 流量係数 風圧係数
14 20 17.5 47.25 0		
1 1 3 9 0.7 100 40 0.4 1.5 0.65 0	}	居室番号 節点数
2 1 3 9 1.1 100 40 0.4 1.5 0.65 0		
.....途中省略		
94 7 0 3 1.9 10 20 0.02 1.5 0.65 0.1	}	居室番号 各節点の座標値 X Y
95 1 9 8 0 100 100 1 1.5 0.65 0		
1 4	}	居室番号 居室番号表示座標 X Y 各居室の重心座標 X Y
2 4		
.....途中省略		
13 4	}	開口番号 開口部位置座標 X Y
14 4		
1 1 3600 1200	}	
1 2 4200 1200		
1 3 4200 2400		
1 4 3600 2400		
.....途中省略		
1 4 1 4200 3600		
1 4 2 7200 3600		
1 4 3 7200 5700		
1 4 4 4200 5700		
1 3700 1300 3900 1800		
2 4300 1300 4500 1800		
.....途中省略		
13 2500 3700 3300 4650		
14 4300 3700 5700 4650		
1 3900 2400		
2 3900 2400		
.....途中省略		
94 2400 2400		
95 2400 2400		

1	4050	2700	4050	2100	3750	2100	3750	2700	} 開口番号 流量方向座標 XY 各4点
2	4050	2700	4050	2100	3750	2100	3750	2700	
.....途中省略									
94	2100	2550	2700	2550	2700	2250	2100	2250	
95	2700	2250	2100	2250	2100	2550	2700	2550	

## 第8章 解析方法

### 8.1 多室系換気問題の基礎式

計画対象の住戸の各部屋に 1～ $n$  の整数番号を付ける。外気は 0 番目の部屋とする。また、開口部及び隙間には 1～ $m$  の整数番号を付ける。 $k$  番目の開口を通して空気が流入する部屋の番号と流出する部屋の番号を  $k$  の関数として  $RI(k)$ ,  $RO(k)$  で表す。ある任意の高さに基準面を設け、部屋  $i$  の基準面における圧力を  $P(i)$  とする。内外温度差(比重差)による浮力によって生ずる開口  $k$  の前後の圧力差  $\Delta P_s(k)$  は次式で表される。

$$\Delta P_s(k) = P(RO(k)) - P(RI(k)) - g\{\rho(RO(k)) - \rho(RI(k))\}h(k) \quad (1)$$

ここで、 $P(i)$  : 部屋  $i$  の基準面における圧力 [Pa]

$\rho(i)$  : 部屋  $i$  の空気密度 [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]

$h(k)$  : 開口  $k$  の基準面からの高さ [m]

$g$  : 重力加速度 [ $\text{m}/\text{s}^2$ ]

外壁に存在する開口に加わる風圧  $\Delta P_d(k)$  は次式で表される。

$$\Delta P_d(k) = C(k) \frac{\rho(0)}{2} V^2 \quad (2)$$

ここで、 $C(k)$  : 開口  $k$  に対する風圧係数

$V$  : 風速 [m/s]

開口  $k$  における圧力差  $\Delta P(k)$  は次式で表される。

$$\begin{aligned} \Delta P(k) &= \Delta P_s(k) + \Delta P_d(k) \\ &= P(RO(k)) - P(RI(k)) - g\{\rho(RO(k)) - \rho(RI(k))\}h(k) \\ &\quad + C(k) \frac{\rho}{2} V^2 [\delta(0, RO(k)) - \delta(0, RI(k))] \end{aligned} \quad (3)$$

ここで、 $\delta(i, j)$  は Kronecker's Delta である。

$$\delta(i, j) = \begin{cases} 1 & (i = j) \\ 0 & (i \neq j) \end{cases} \quad (4)$$

外部からの風圧を考える必要のない室内の開口では式(2)において  $C(k)=0$  と与えればよい。ここで式(3)から得られる圧力差  $\Delta P(k)$  が負の場合、空気は部屋  $RI(k)$  から部屋  $RO(k)$  に流れることになり、 $RI(k)$ =流入、 $RO(k)$ =流出という初めの定義に反する。この時は  $RI(k)$  と  $RO(k)$  の値を入れ替えて再び式(3)により  $\Delta P(k)$  を計算し直す。これにより常に流れの方向を正しく判断することができる。つまり、初期データ入力時には空気の流れを考えず、開口  $k$  に面する二つの部屋の番号を任意に  $RI(k)$ 、 $RO(k)$  と与えて良い。

次に開口  $k$  を通る体積流量  $q(k)$  [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] を求める。 $q(k)$  は圧力差  $\Delta P(k)$  を用いて次式で表される。

$$q(k) = \alpha A(k) \left[ \frac{2}{\rho(RO(k))} \right]^{\frac{1}{2}} (\Delta P(k))^{\frac{1}{nl(k)}} \quad (5)$$

ここで、 $q(k)$  : 開口を通る体積流量 [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

$\alpha$  : 流量係数

$A(k)$  : 開口面積 [ $\text{m}^2$ ]

$\alpha A(k)$  : 開口  $k$  の相当開口面積 [ $\text{m}^2$ ]

$nl(k)$  : 開口の隙間特性値 (1~2 の間の値)

部屋  $i$  への質量流量の総和  $S(i)$  は流入方向を正にとると次式で表される。

$$S(i) = Qm(i) + \sum_{k=1}^m \{ \delta(i, RI(k)) - \delta(i, RO(k)) \} \rho(RO(k)) q(k) \quad (6)$$

ここで、 $S(i)$  : 部屋  $i$  への質量流量の総和 [ $\text{kg/s}$ ]

$Qm(i)$  : 部屋  $i$  の機械換気量 [ $\text{kg/s}$ ]

定常状態を考えると次式が成立する。

$$S(i) = 0 \quad (i = 1 \sim n) \quad (7)$$

式(7)が多室系換気問題の基礎式である。

## 8.2 Newton-Raphson 法による収束計算

式(6)で与えられる非線形の連立方程式の解を求めるために、Newton-Raphson 法により収束計算を行う。各居室の質量流量は  $S(1), S(2), \dots, S(n)$  とし、室内圧は  $P(1), P(2), \dots, P(n)$  と表す。ここで、ある仮定の室内圧  $P(1), P(2), \dots, P(n)$  に対して、適当な圧力修正値  $\delta P(i)$  ( $i=1 \sim n$ ) を加えれば全ての質量流量が 0 になるとする。 $P(1)+\delta P(1), P(2)+\delta P(2), \dots, P(n)+\delta P(n)$  の点での Taylor 展開の第 1 事項近似を行うと次式のようになる。

$$S(i)(P(1)+\delta P(1), P(2)+\delta P(2), \dots, P(n)+\delta P(n)) \\ \cong S(i)(P(1), P(2), \dots, P(n)) + \frac{\partial S(i)}{\partial P(1)} \delta P(1) + \frac{\partial S(i)}{\partial P(2)} \delta P(2) + \dots + \frac{\partial S(i)}{\partial P(n)} \delta P(n) = 0 \quad (8)$$

修正ベクトル  $(\delta P(1), \delta P(2), \dots, \delta P(n))$  及び質量流量ベクトル  $(S(1), S(2), \dots, S(n))$  について整理すると式(8)は次式のようになる。

$$\begin{bmatrix} J(1,1) & J(1,2) & \dots & J(1,n) \\ J(2,1) & J(2,2) & \dots & \\ \vdots & & J(i,j) & \\ & & & \vdots \\ J(n,1) & & \dots & J(n,n) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta P(1) \\ \delta P(2) \\ \vdots \\ \delta P(j) \\ \vdots \\ \delta P(n) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -S(1) \\ -S(2) \\ \vdots \\ -S(i) \\ \vdots \\ -S(n) \end{bmatrix} \quad (9)$$

ここで、 $[J(i, j)]$  はヤコビアン行列である。

$$J(i, j) = \frac{\partial S(i)}{\partial P(j)} \quad (i, j = 1 \sim n) \quad (10)$$

ヤコビアン行列の具体的な各成分は次式のように得られる。

$$J(i, j) = \sum_{k=1}^m [\{\delta(i, RI(k)) - \delta(i, RO(k))\} \{\delta(j, RI(k)) - \delta(j, RO(k))\}] \\ \rho(RO(k)) \alpha A(k) \left[ \frac{2}{\rho(RO(k))} \right]^{\frac{1}{2}} \frac{1}{nl(k)} \Delta P(k) \left( \frac{1}{nl(k)} \right)^{-1} \quad (11)$$

圧力を修正すると流れの方向が変わることがあるので、 $[J(i, j)]$ は圧力を修正するたびに求める必要がある。式(10)から $\delta P(i)$ は次式のように求まる。

$$[\delta P(i)] = [J(i, j)]^{-1} [S(i)] \quad (12)$$

解の修正は収束の安定性を得るため、得られた修正値 $\delta P(i)$ に緩和係数を乗じ、仮定した基準値室内圧 $P(i)$ に順次加える次式を採用する。

$$P(i)^{[n+1]} = P(i)^{[n]} + K\delta P(i)^{[n]} \quad (13)$$

ここで、 $K$  : 緩和係数 ( $0 < K \leq 1$ ) である。

$$\frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n \delta P(i)^2}}{n} < \varepsilon \quad (\varepsilon > 0) \quad (\varepsilon : \text{許容誤差}) \quad (14)$$

式(14)満たすまで修正値 $\delta P(i)$ を繰り返し求める。

## 第9章 参考文献

- 1) 矢川憲利：東京ガス(株)技術研究所報告, **35**,319-330,1990
- 2) 石田建一, 宇田川光弘：換気および壁面相互ふく射した多数室温・熱負荷計算法, 日本建築学会計画系論文報告集, **381**,46-55,1987.11
- 3) 田中俊六, 武田仁, 足立哲夫, 土屋喬雄：最新 建築環境工学(改訂 2 版), 井上書院,2000
- 4) 環境工学教科書研究会編著：環境工学教科書(第 2 版), 彰国社,2000
- 5) 日本建築学会編：拡張アメダス気象データ 2000, 日本建築学会,2000
- 6) 若松磨美：多室系換気計画支援シミュレーションシステムの開発, 2000 年度鹿児島大学工学部建築学科卒業論文