

SMARTFIRE V4.3

チュートリアル

(原本: 2013 年 9 月改訂版 4.3.1)

2014 年 1 月

株式会社フォーラムエイト



免責事項

FSEG は、英語版以外の外国語版マニュアルの正確さについては責任を持ちません。

オリジナルの英語版と他の言語の翻訳版との間の矛盾や不明確さについては、英語版を優先とします。

何か疑問等ございましたら、販売ディーラーまでご連絡ください。

目次

目次	i
25 SMARTFIRE チュートリアル	1
25.1 はじめに.....	1
25.2 チュートリアル 1.....	2
25.3 チュートリアル 2.....	12
25.4 チュートリアル 3.....	26
25.5 チュートリアル 4.....	37
25.6 チュートリアル 5.....	58
25.7 チュートリアル 6.....	76
26 SMARTFIRE 上級チュートリアル	93
26.1 はじめに.....	93
26.2 チュートリアル A1	94
26.3 チュートリアル A2	98
26.4 チュートリアル A3	104
26.5 チュートリアル A4	108
26.6 チュートリアル A5	112
26.7 チュートリアル A6	115

25 SMARTFIRE チュートリアル

25.1 はじめに

いくつかのSMARTFIREチュートリアルが作成されました。これらは、SMARTFIRE CFDエンジンにおける保存済みケースの読み込み、新規ケースの指定、および火災モデリングケースのシミュレーションに関する基本的側面について、ユーザーに実習とガイダンスを提供するものです。

最初のチュートリアルは、既存の形状指定を設定環境に読み込む方法、自動メッシュ生成システムによってメッシュ化する方法、および最後に、SMARTFIREエンジン内でシミュレートする方法を説明します。

第2のチュートリアルは、第1のチュートリアルで用いたのと同じケースを作成しますが、事前に保存した形状を読み込まずに指定します。また、6フラックス放射モデルを起動する方法および火災出力(力)曲線を変更する方法も示します。

第3のチュートリアルでは、区画の1つに火災がある範囲(複合的な間仕切りで分割されている)において、複数の区画を構築する方法を説明します。

第4のチュートリアルは、最初の3つのチュートリアルを行なうことによって得られた経験を拡張し、複数の部屋から構成されていて廊下で火災が発生する形状を作成します。シナリオを用いて、モニターされたいくつかの部屋が危険とみなされる限界温度を超過するまでの時間を解析します。

第5のチュートリアルは、前のチュートリアルケースを拡張して、前のチュートリアルと比較したときに熱の抽出の影響がわかるように、抽出ファンを含んでいます。

第6のチュートリアルは、チュートリアル4と同じシナリオを用います。しかし、異なるモデリング手法が採用されたときに、ソリューション間に生じる差を比較するために、ガス燃焼モデルおよび多光線放射モデルを用います。

また、上級チュートリアルも利用できます。上級チュートリアルは、この文書のチュートリアルほど詳細な支援を提供しないかわりに、SMARTFIRE環境のさまざまなコンポーネントおよびツールを用いて、ユーザーに練習問題を提供します。上級チュートリアルは、SMARTFIRE環境の最新かつ研究用の機能のいくつかもカバーしています。たとえば(CADのインポート用の)SMARTFIREシナリオデザイナーや、SMARTFIRE CFDエンジンのプロトタイプパラレルMPIバージョンなどです。

25.2 チュートリアル 1

25.2.1 概説

このチュートリアルでは、既存の保存済みケース指定を用いて、単純な室内火災ケースのシミュレーションについて説明します。このチュートリアルを実行するために必要なファイルは、*SMARTFIRE*のインストールに含まれており、ユーザーの「work」ディレクトリにあります。このチュートリアルで扱うケースは、単一区画（幅0.74mのx高さ1.83mのドアが付いた2.8mx2.8mx高さ2.2mの寸法）の中央に位置する火災です。火災は寸法0.3mx0.3mx高さ0.3mのガスバーナによって表され、放熱率（62.9kW）は一定です。壁は、熱損失の計算に関する乱流壁レイヤ機能を用いることが想定されています。このケースは、Stecklerの室内火災実験[1、14、15]の1つに対応します。

25.2.2 ステップ 1:既存の形状指定を読み込む

*SMARTFIRE*ケース指定ツールを実行(Run)します。グラフィカルユーザーインターフェースが開いたら、ウィンドウの最上部にあるメニューバーを用いて[ファイル(File)]を選択した後、[開く(Open)]を選択します。このチュートリアルで読み込むケースは、*SMARTFIRE*作業ディレクトリ(work directory)内で「A74_case」という名のディレクトリに入っています。ファイルブラウザを用いてこのディレクトリに行き、「a74_case.smf」という名前のファイルを選択します。このファイルには、上述のケースの指定に関する形状および物理的特性のすべてが含まれています。ファイルを選択し、読み込んだら、ビューアーが部屋の3Dビューおよびすべての重要な物理および形状の特性を表示します。たとえば、通気孔、障害物(定義されていた場合)、および火災などです(図25-1参照)。

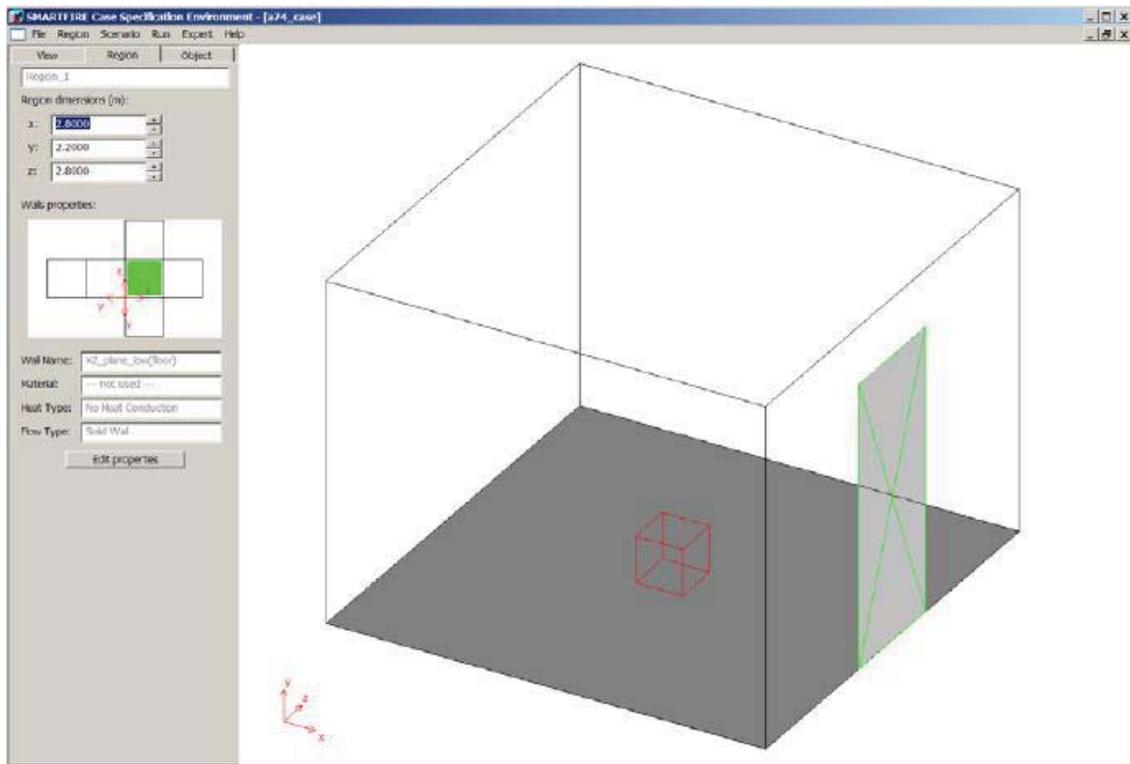


図25-1 「A74_case」形状を示している指定環境。

ファイルを開いたら、表示オプションを使って実験しましょう。まず、[ビュー (View)] タブを選択します。ここではビューが形状を表示する方法を変更することができます。さまざまな軸の周囲に形状を回転させたり、あるいは特定の方向の平面図ビューの表示を選択したりできます。これを実験して、提供されるさまざまなビューに精通することが推奨されます。さらに、ズームイン (拡大) をおこなって、表示される項目をいつでも変更することができます。最後に、元のローテーションに戻るには、事前に固定された利用可能なビューのいずれかをクリックします。これらのビューオプションは、オブジェクトの整列や形状の正確性をチェックする際に便利です。

真ん中のタブは[範囲 (Region)] タブです。ここで、部屋の寸法や、壁の材料、壁の名前を変更することができます。「部屋の展開」エリアを用いて現在の壁を選択した後、別の壁材料を選択するには、[プロパティの編集 (Edit properties)] ボタンを押します。(フロアおよび天井を含めた) 現在の壁がグレイの塗りつぶしで表示されます。

右のタブは[オブジェクト (Object)] タブです。ここでは、現在の範囲にオブジェクトを追加したり、すでに作成した任意のオブジェクトのプロパティを変更したりできます。通気孔および火災の移動やサイズ変更を実験することができます。さらに、火災の物理プロパティを変更するには、それを (マウスで左クリックすることによって) 現在のオブジェクトとして選択し、オブジェクト [プロパティ] ボタンをクリックします。ここで重要なポイントは、範囲内で同時に1つのオブジェクトだけが現在 (選択中) になることです。また、[オブジェクト (Object)] パネル上のすべてのボタンは、現在のオブジェクトに関する (およびその編集と関係する) 適切な反応を引き起こします。現在のオブジェクトは、つねに表面がグレイの網かけになって表示されます。オブジェクトは、頂点が接する色の線を用いて描画されます。これらの色は、オブジェクトタイプを表します。すなわち、通気孔は緑、火災は赤、および障害物は青です。

25.2.3 ステップ 2: シミュレーション用のメッシュを作成する

ケースの形状および物理的組成処理に満足したら、メッシュ作成システムを実行する必要があります。これは、自動メッシュ生成ツール(「friendly expert」はメッシュタスクを実行するのに役立ちます)

および手動メッシュ編集ツールの組合せです。これらのツールはSMARTFIREシステム内に継ぎ目なく埋め込まれています。自動メッシュシステムはこの形状とリクエストされたセル量に対して適切な複合メッシュの設定が必要かどうかを決定をします。

メインメニューからメッシュ自動生成ツールを実行するには、[実行 (Run)] オプションおよび [メッシュの作成 (Create Mesh)] を順に選択します。メッシュ作成ツールおよび専用のユーザーインターフェースが開きます。

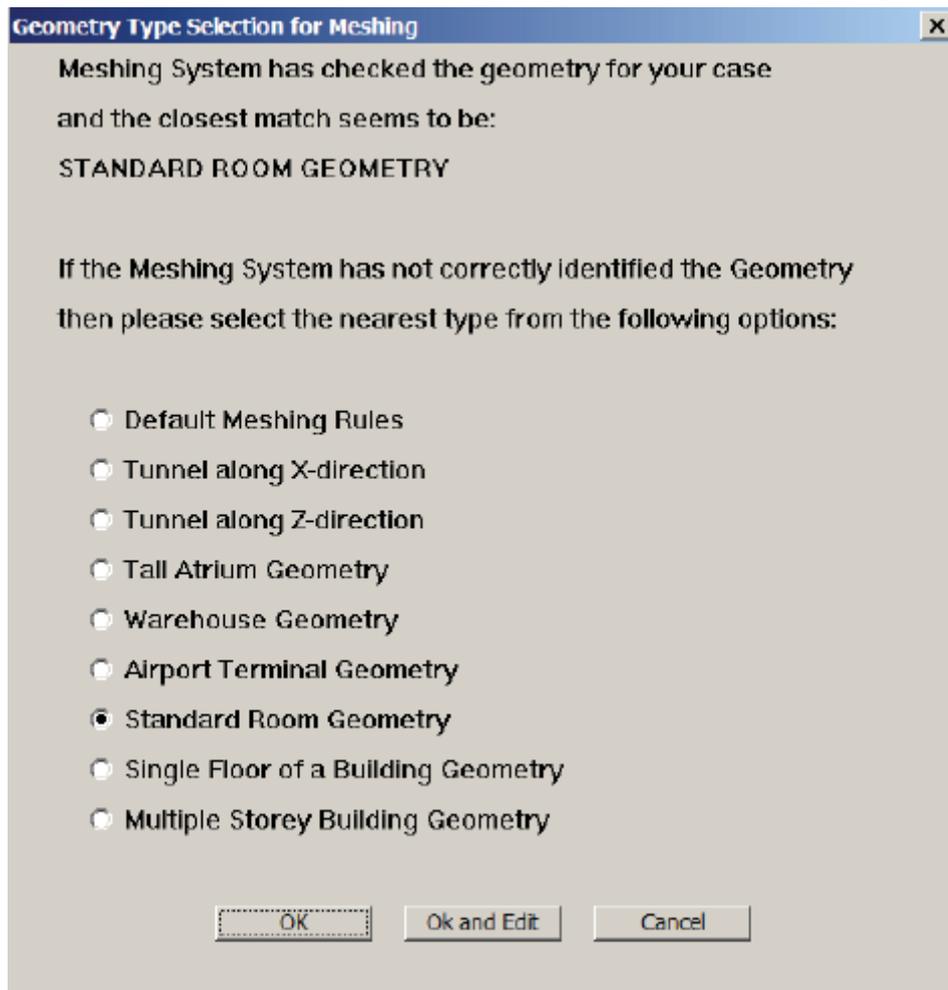


図25-2 形状タイプのメッシュ生成ルール選択ダイアログ。

メッシュ自動生成ツールはまず、現在の形状に関して、以前に作成された既存のメッシュがあるか否かを判断します。利用可能なものがある場合は、既存のメッシュを読み込むか、あるいは新規のメッシュを作成するかのオプションが与えられます。利用可能な既存のメッシュがないか、あるいはユーザーが新規のメッシュを作成すると想定します。ユーザーは、上図25-2に示すダイアログで、利用したい形状タイプメッシュ生のルールを選択するように求められます。多くのシナリオに対する適切な規則が、通常自動的に選択されます。しかし、もしそれが最も適切なタイプの形状でない場合、SMARTFIREの提案を無効にしたいと思ってもかもしれません。

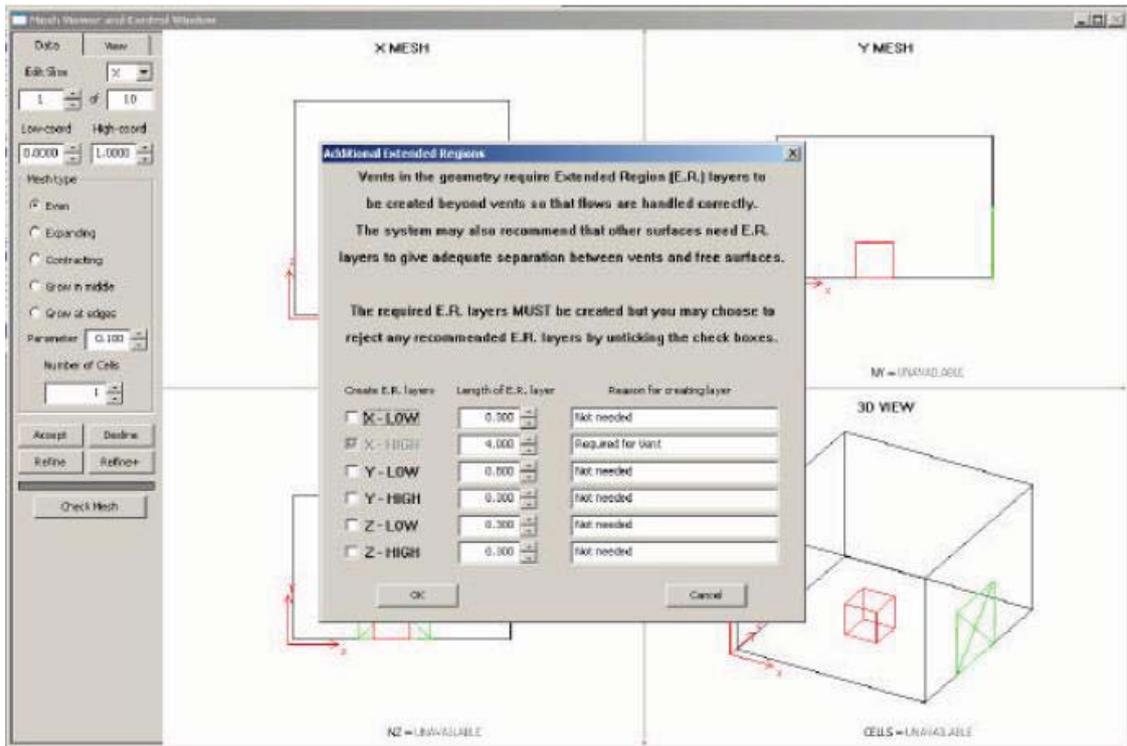


図25-3 追加的な拡張範囲ダイアログ。

メッシュ生成ツールは、選択されたルールセットを用いて、形状を分析してから、「追加的な拡張範囲 (Additional Extended Regions)」ウィンドウを表示することがあります(図25-3参照)。拡張範囲は、目的の範囲内で流れが正しく展開されていること、および拡張された範囲の端部において、流れが排気口境界条件による有害な影響を受けないことを保証するために用いられます。通常、ユーザーが拡張範囲 (Extended Regions) の選択を調整する必要はありません。

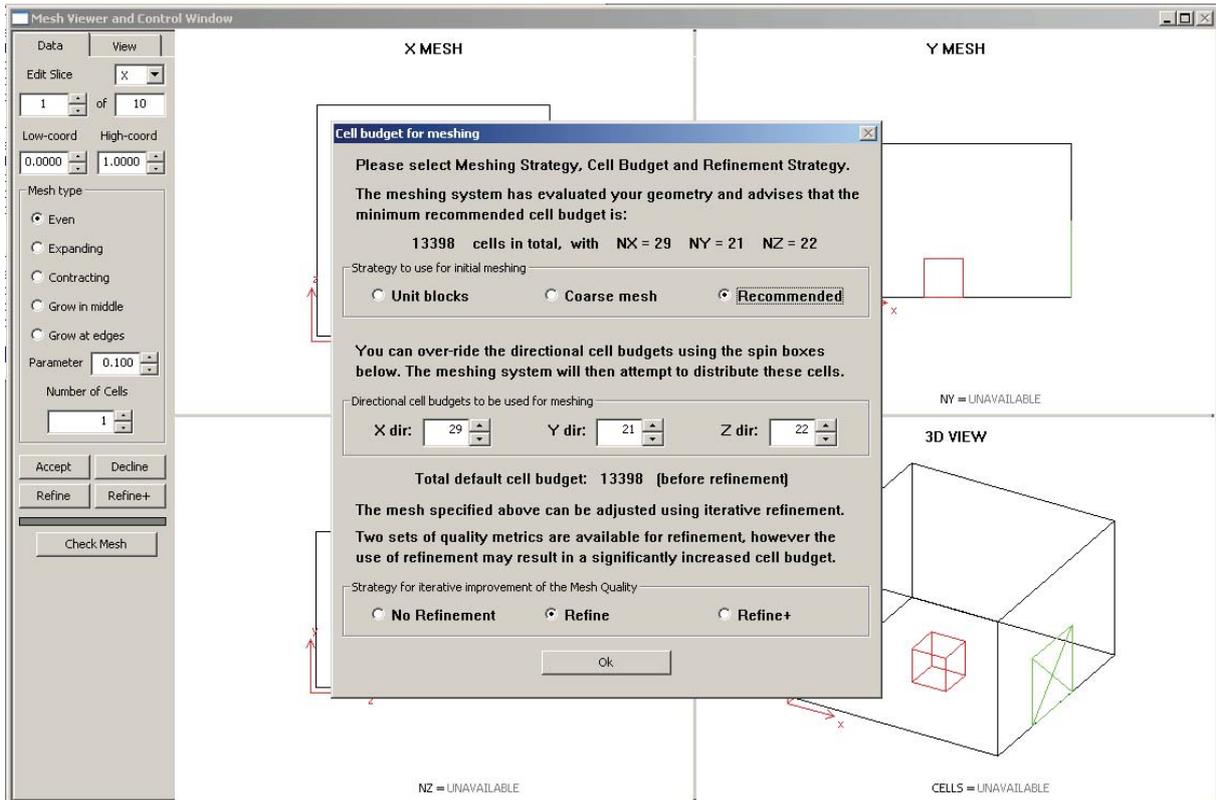


図25-4 推奨のセル割当て量の選択を示しているメッシュ生成ツール。

メッシュ生成ツールがケースおよび対象の形状を読み込んだら、シミュレーションで利用するグリッドの細さを指定するように求められます(図25-4参照)。自動メッシュ生成システムは、メッシュ生成の専門知識および形状の複雑性にもとづいてセルおよびセル割当てを推奨します。しかし、推奨されたセル割当てを利用するかどうかを決定するのは、ユーザーの裁量です。または、ユーザー自身が選択したセル割当てを用いて、自動メッシュ生成ツールが可能なかぎり最適なメッシュを生成するかを試みることもできます。より細かいグリッドは、より精密な結果を意味しますが、ソリューションに達するまでの時間が長くなります。自動メッシュ生成システムは、精度とシミュレーション時間の間で適切な妥協となるセル割当て数を示唆します。セル割当て数の推奨値を確定するには、単純に、[OK]ボタンをクリックします。これにより、全体的にかなり控えめなセル割当て量を用いて、適切な品位のメッシュを生成する可能性が高いです。デフォルトの改善オプションを用いる必要があります。メッシュ生成システムがメッシュ仕様の作成を終了すると、メッシュビューア(Mesh viewer)ウィンドウが更新され、作成されたメッシュが表示されます。メッシュビューアのデフォルトのモードは、以下の4つのビューが可能です。すなわち、Xメッシュ、Yメッシュ、Zメッシュ、および3D領域(domain)ビューです。(図25-3参照)。グリッド線の多くが実際に物理的なオブジェクトの端部に一致していることがわかるでしょう(火災の端部や通気孔の端部など)。線は以下のように色分けされています。ふじ色=端部が特定のサブ範囲境界上にある、領域(domain)のブロックモデル。ライトブルー=(ブロック境界)の間の内部メッシュライン。通気孔は緑、火災は赤。障害物はダークブルーです。

専門家ユーザーは、[粗メッシュ(Coarse mesh)]割当て量オプションを用いると、手動でのメッシュ作成がさらに容易になります。このオプションにより、すべてのオブジェクトは、正確に機能するために最小限必要な数の内部セルをもつことが確保されますが、重要でないブロックにはセルが1つだけ割当てられます。これにより、配分量の少ないブロックに必要なに応じてセルを追加するために、対話型手動メッシュ編集ツールを容易に用いることができます。

メッシュ自動生成ツールが作成したメッシュに満足できない場合は、(現在のメッシュを破棄するために)、[無視 (Decline)] ボタンを押してから、メッシュを再生成するために、より大きい(あるいはより小さい)セル割当て数を指定することができます。または、対話型編集モードを用いて、メッシュブロックからセルを追加する(あるいは引差し引く)か、あるいはセルの分布を変更することができます。

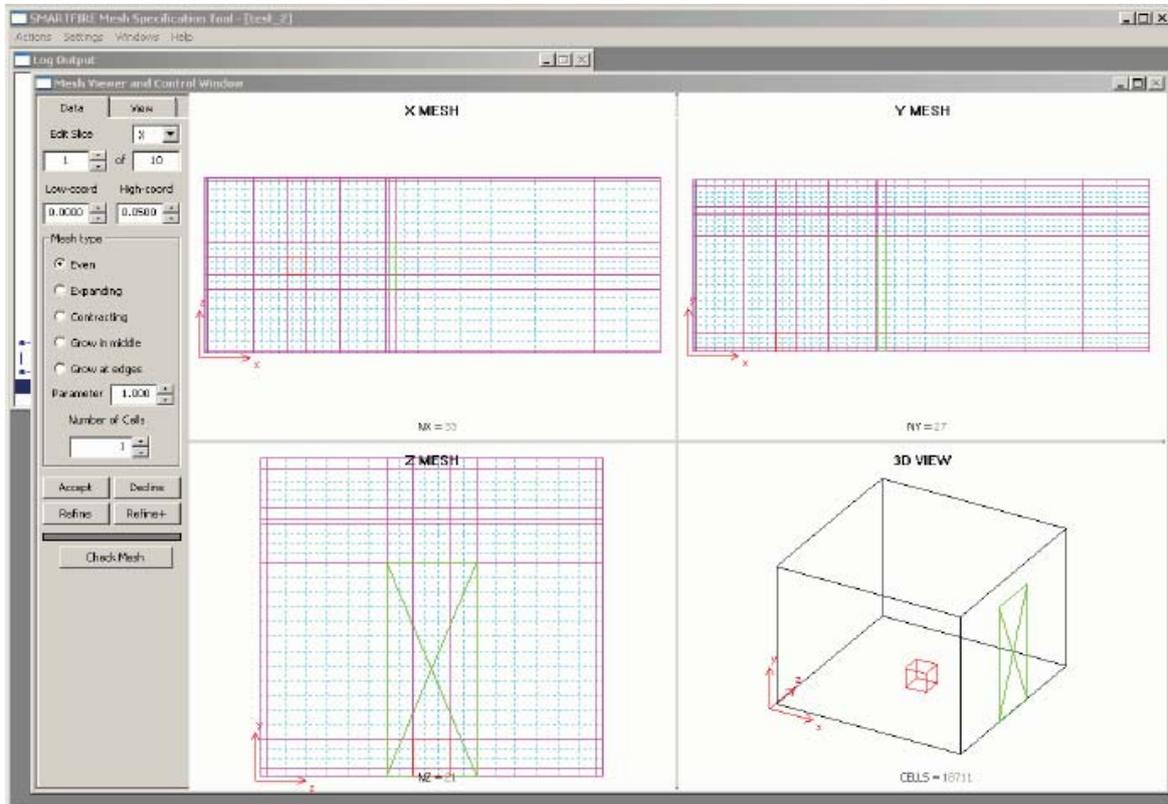


図25-5 メッシュおよび形状の4つのビューを示しているメッシュ生成ツール。

また、作成されたメッシュの品位を評価するオプションもあります。この品位チェックは、(1つのセル内および隣接したセル間での方向相互の)セルのアスペクト比が許容範囲内であるかどうかを判断するために用いることができます。

最後に、メッシュに満足したら、[確定 (Accept)] ボタンを押して、このメッシュを、CFDエンジンが読み込む指定ファイルのセットとして変換および保存する必要があります。また[確定 (Accept)] ボタンを押すと、自動メッシュ生成ツールが閉じ、コントロールがSMARTFIREケース指定環境に戻ります。

25.2.4 ステップ 3: CFD エンジンを実行する

最後の段階では、SMARTFIREのCFDエンジンコンポーネントを用いて、数値シミュレーション自体を実行します。CFDエンジンを実行するには、メインメニュー項目[実行 (Run)]および、[CFDエンジンの実行 (Run CFD Engine)]オプションを順に選択します。数値CFDエンジンが起動し、ケース指定および作成したばかりのメッシュを自動的に読み込みます。この段階はかなりの量のファイル解析、のを伴います、メモリ割当て、および初期化を伴うため、少し忍耐が必要なことがあります。最終的に、CFDエンジンに関するユーザーインターフェースが完全に表示されます(図25-6参照)。注意点として、かなり低い解像度のディスプレイを用いている場合

は、有用な表示を作成するために、CFDエンジンユーザーインターフェースがさらに小型のウィンドウおよび少し異なるレイアウト(最初は閉じられたウィンドウが多いなど)によって表示されることがあります。

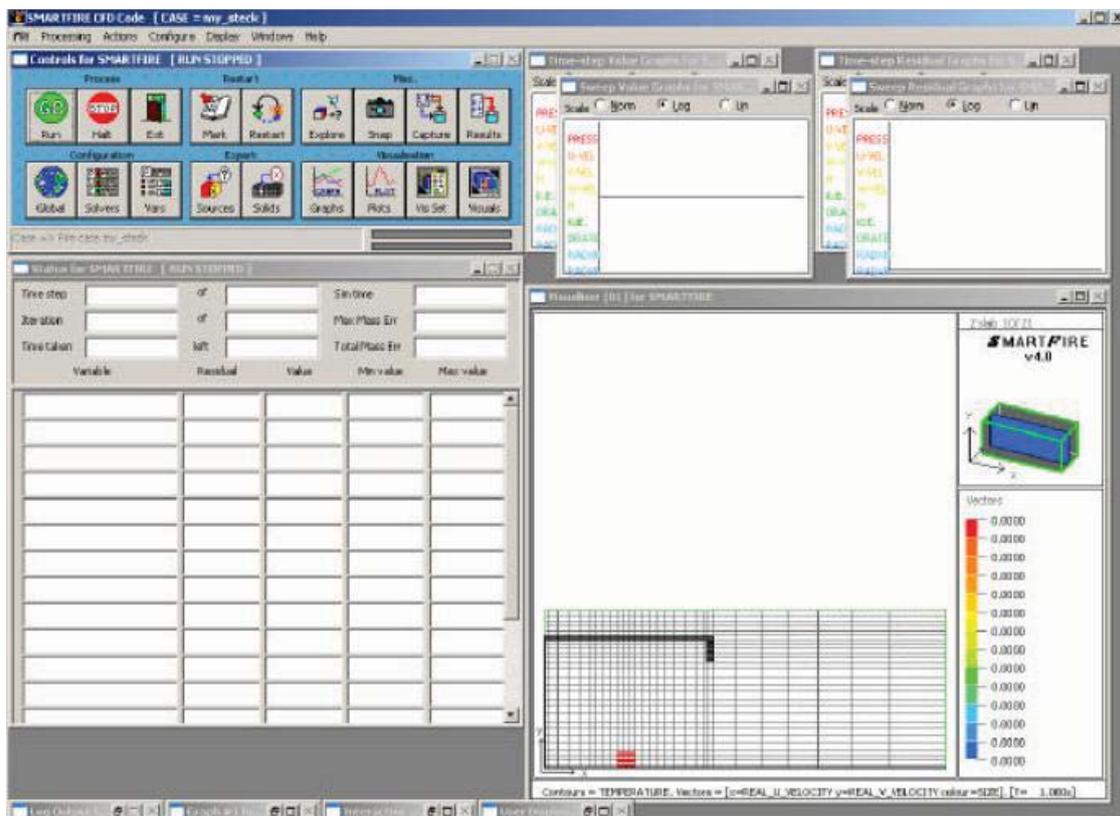


図25-6 起動時のSMARTFIRE CFDエンジンユーザーインターフェース。

数値シミュレーションを開始させるには、緑(「進む(GO)」)アイコンのマークが付いた[実行(Run)]ボタンを押します。すると、シミュレーション過程が始動します。任意の時間にシミュレーションを停止するには、赤(「止まる(STOP)」)アイコンのマークが付いた[一時停止(Halt)]ボタンを押します。また、[終了(Exit)](小さいドアアイコンの表示)ボタンを押して、任意のポイントにおいてシミュレーションを終了させることもできます。そのほかいくつかのボタンおよびコントロールを使うと、専門家がソリューション手順の設定を細かくコントロールすることができます。ただし、専門家でない人は、ユーザーガイドで推奨されないかぎり、コントロール設定の変更をすることは推奨されません。

ユーザーインターフェースのグラフィカルウィンドウは、シミュレーション手順実行中に、データおよびシミュレーションのステータスのさまざまなビューを表示します。以下の種類があります。

- 1) 数値シミュレーション過程における既決および計算された変数の収束を示す残差グラフ(右上)。
- 2) さまざまな重要な変数(現在のソリューションエラー状況)のモニター値および変数残差がステータスウィンドウに表示されます(左下)。
- 3) 特定の選択された部屋のスライスに関して発生しているベクトル流および温度コンタのパターンがビジュアライザウィンドウに表示されます(右下)。
- 4) それぞれの変数に関するデータ分布範囲がステータスウィンドウに表示されます(左下)。
- 5) コントロールウィンドウの右下(可視化ボタンの下)に進行状況表示バーがあります。これらのバーは、ソリューションの進行状況表示を示します。上のバーは、1回のスイープごとに満たされ、下のバーは、設

定されたシミュレーション全体が完了すると満たされます(左上)。

- 6) ステータスウィンドウには、現在の処理段階を示すスライス数および時間ステップ数(一過性のシミュレーションのみ)を表示するディスプレイがあります。(左下)。
- 7) ステータスウィンドウは、CPU時間の所要時間および残り時間の推定を示します。これらは推定にしかすぎませんが、シミュレーションの予想継続時間の適切な概算が得られます。(左下)。
- 8) SMARTFIREのキー機能は、ブックマーク保存し、いつでもするからブックマークから再起動できるアクセスです。[マーク(Mark)]というラベルが付けられたコントロールボタンを用いると、このケースに関するデータベース内にソリューションの現段階のブックマークをドロップします。[再起動(Restart)]というラベルが付けられたボタンを用いると、前のブックマーク状態が読み込まれ、その後の処理がなかったものとされます。これは、エキスパートソリューションコントロールを必要とする問題のあるシミュレーションや、あるいは単純に、将来検討用のデータ保存の際にきわめて貴重です。(左上)。
- 9) [プロット(Plots)]というラベルが付けられたコントロールボタンを用いると、データから線グラフを定義することができます。これらのプロットライングラフは、ソリューションが進行するにつれて更新されます(左上)。

部屋を通る特定の表示スライスを変更する必要がある場合は、[ビジュアル(Visuals)]ボタンを選択することができます。ビジュアル設定ウィンドウが開きます(図25-7参照)。

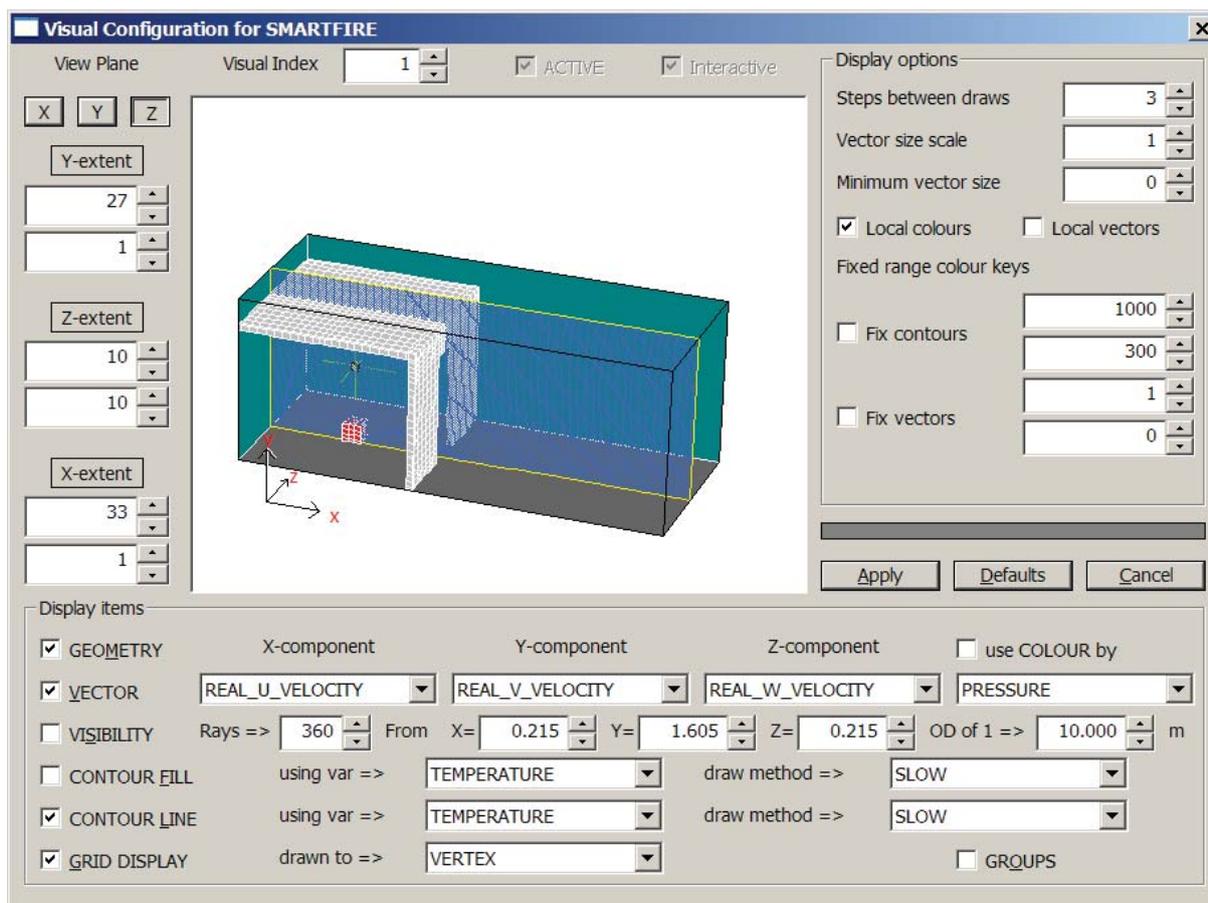


図25-7 スライスおよび表示オプションを示しているビジュアル設定。

このダイアログでは、部屋を通過する特定のスライス(および表示されるビジュアルの特性)を選択することができます。このチュートリアルで示すケースに関しては、Z方向の11番目の「Yに対するX」スラブを選択します

(Z=11といえます)。これにより、火災、ドア、および発生しつつある火災煙流が表示されます。火災煙流はまず天井に上ってから、ドアの下を通過して急激に流れ込む冷たい空気のために、部屋の後部に向かって傾きます。興味深い代替案として、y軸(高さ)上の最初のスラブを通過するスライスを表示させることができます。これは、室内の火災を正確に指摘します。

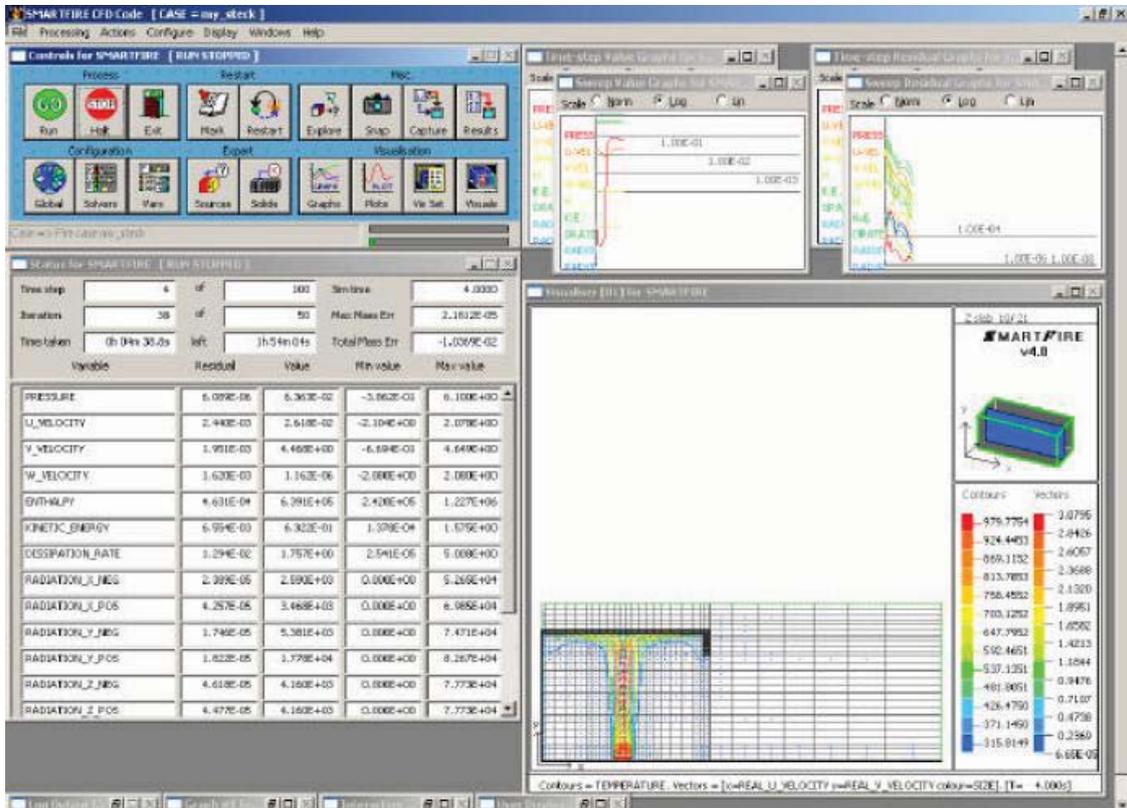


図25-8 中間のZ-スライスに関する温度および速度の可視化。

ビジュアル設定ウィンドウを用いてコントロールすることができるそのほかの機能は、コンタおよびベクトルの作図に用いる変数および用いる作図のタイプです。これらの設定のいくつかを試し、プルダウンリストを吟味して、可視化に利用できるそのほかの変数を調べてみましょう。それらを変更すると、ビューにどのような影響を与えるかを考察します。

25.2.5 ステップ 4: CFD エンジンを終了する

本コードを終了するには、[終了 (Exit)] ボタンを用いて、まずCFDエンジンインターフェースを終了します。正常に終了したときは、SMARTFIRE CFDエンジンは、さらなるビジュアルポストプロセッシングに利用できるいくつかのファイルの数を保存します(異常終了の場合は、ファイルはまったく保存されません。この状態は、メインウィンドウの[X] ボタンを押すと発生します)。最後に、CFDエンジンユーザーインターフェースが閉じ、元の形状設定ツールに戻ります。火災モデリングケースに加えた変更を保存したい場合は、メインメニューから[ファイル (File)] 項目と[保存 (Save)] オプションを順に選択します。

実行したいそれぞれの新規の形状およびシミュレーションに関する新規のケースを作成することが一般に必要であるため、新規ケースに作業を保存したいことがあります。この場合、メインメニューから[ファイル (File)] 項目および[名前を付けて保存 (Save as)] オプションを順に選択し、ファイルブラウザウィンドウで新規ケース

に名前を付けます。ケース指定環境は、その新規ケースに関連したすべてのファイルを含むために同様の名前が付いたディレクトリを作成し、そのディレクトリに「new_case_name.smf」ファイルを保存します。

興味深いことに、(完了したシミュレーションに関する)ケースディレクトリがこの演習中に作成された多くのファイルを含んでいます。これらのファイルのいくつかは、グラフィカルポストプロセッシングや、このシミュレーションを終了時点の段階から再起動する場合に利用することができます。またシミュレーション実行中に保存したデータキャプチャファイルもあることがあります。

これで、*SMARTFIRE*を用いた火災フィールドモデリングシミュレーションが完了しました。

ここでチュートリアル1を終了します。

25.3 チュートリアル 2

25.3.1 概説

このチュートリアルでは、指定環境を用いて、単純な室内火災ケースの指定およびモデリングについて順を追って説明します。このチュートリアルで扱うケースは、幅0.74m×高さ1.83mのドアが付いた、2.8m×2.8m×高さ2.2mの寸法の単一区画の中央に位置している火災です。火災は寸法0.3m×0.3m×高さ0.3mのガスバーナによって表され、放熱曲線は、20秒ごとに最高62.9kWまで線形に増加します。6フラックス放射モデルを用いて放射熱伝達を表します。壁は、乱流壁レイヤの熱伝達機能を用いることが想定されます。このケースは、Stecklerの室内火災実験[1,2,3]の1つに対応します。このケースは、基本的にチュートリアル1のケースと同じですが、ケース指定環境を用いて、手動で指定しなければなりません。

25.3.2 ステップ 1: ケース指定ツールを起動する

SMARTFIREケース指定ツールを実行(Run)します。グラフィカルインターフェースが開いたら、(すでに選択されていなければ)「範囲(Region)」タブを用いて、範囲エディタパネルを表示させます。デフォルトサイズの範囲(region)が、形状オブジェクトの定義を伴わずに表示されます(図25-9参照)。

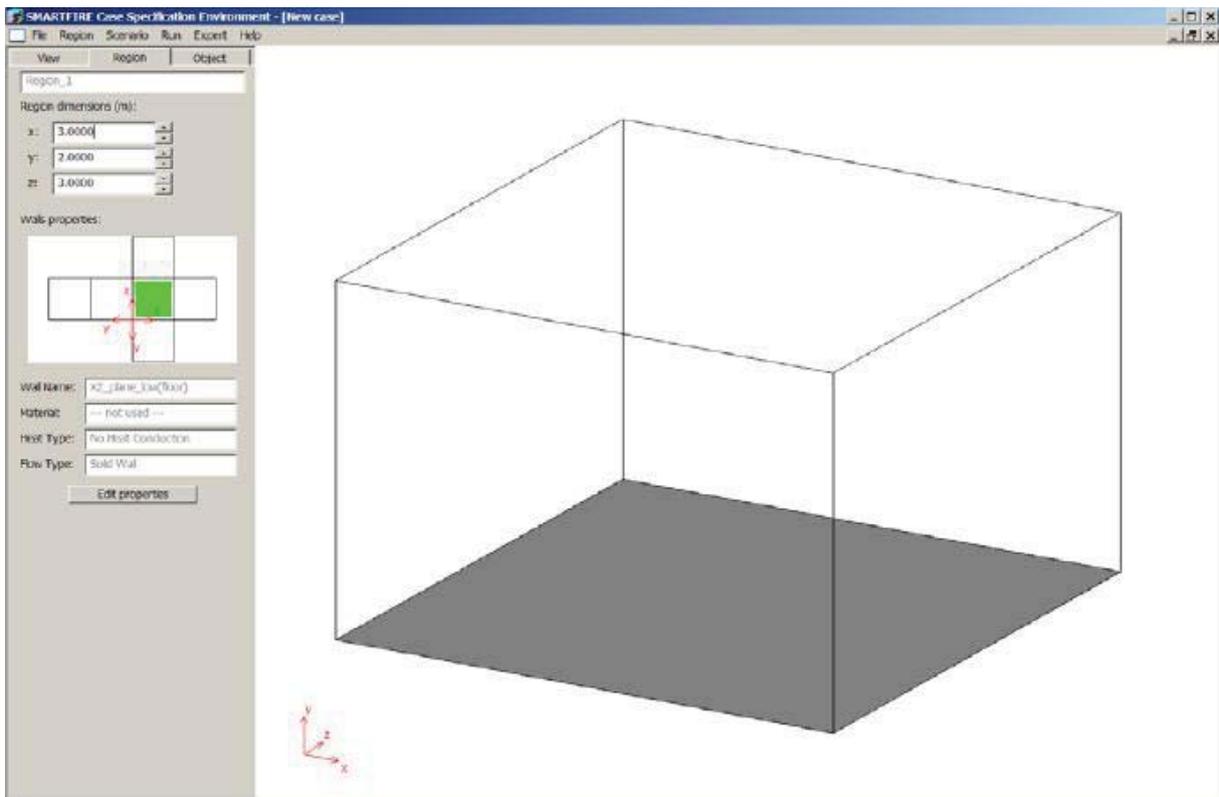


図25-9 空のデフォルトの初期範囲を示している指定ツール。

ディスプレイの左側にある壁面選択ツールと、それに対応する範囲表示における網かけの面に注目してください。

25.3.3 ステップ 2: 領域(domain)を作成する

3つのスピンボックスを用いて、単位をmとする範囲の寸法を入力します(図25-1参照)。増分および減衰率スピンボタンで選択すると、0.1m刻みで表示サイズを変更することができます。あるいは、値をダブルクリックして、新規の値を直接タイプしてから、入力を確認するためにEnterボタンを押します。ケースの説明で指定されたとおり、寸法は以下のように設定されています: x-サイズ=2.8m、y-サイズ=2.2m、z-サイズ=2.8m。このケースに関してはデフォルトの挙動が許容されるため、範囲壁の挙動を変更する必要はありません。

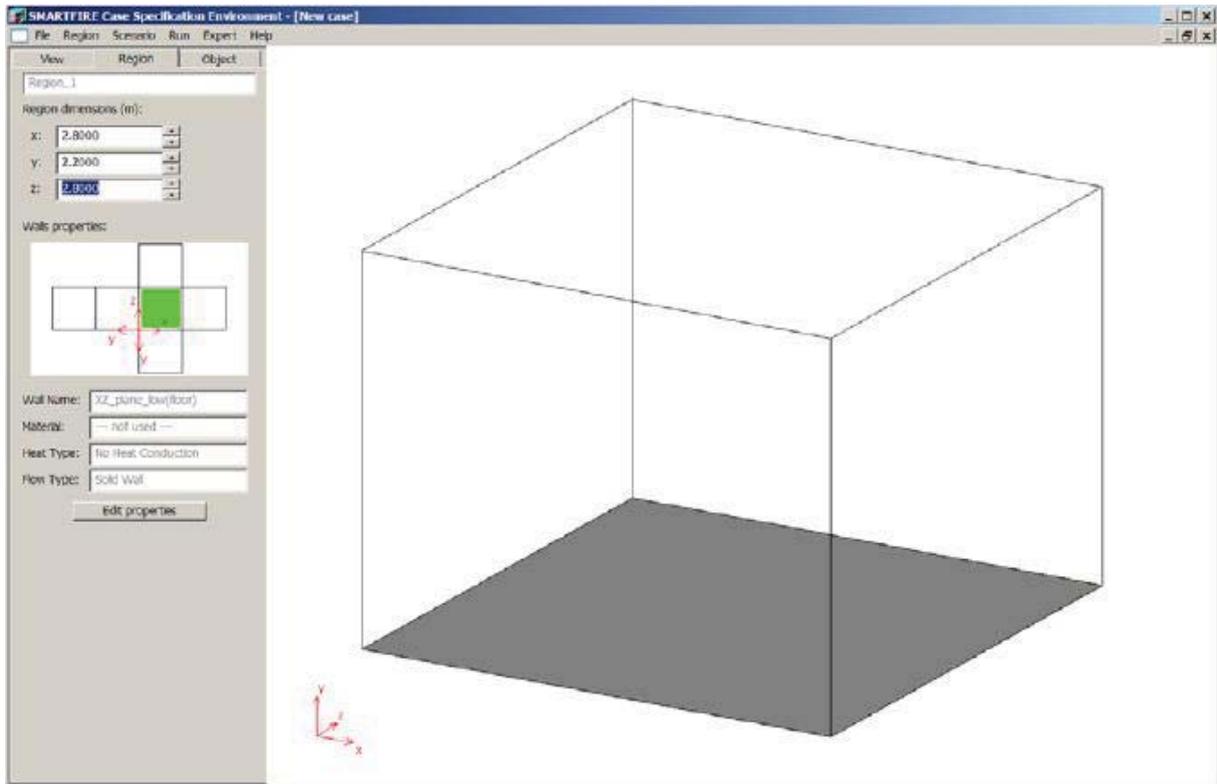


図25-10 正しい範囲サイズの入力を示している指定ツール。

25.3.4 ステップ 3: 形状オブジェクトを作成する

範囲のサイズを正確に定めたら、シミュレーションに必要な形状のオブジェクト(火災、障害物および通気孔)のすべてを作成することができます。このチュートリアルでは、1つの通気孔と1つの火災を作成します。

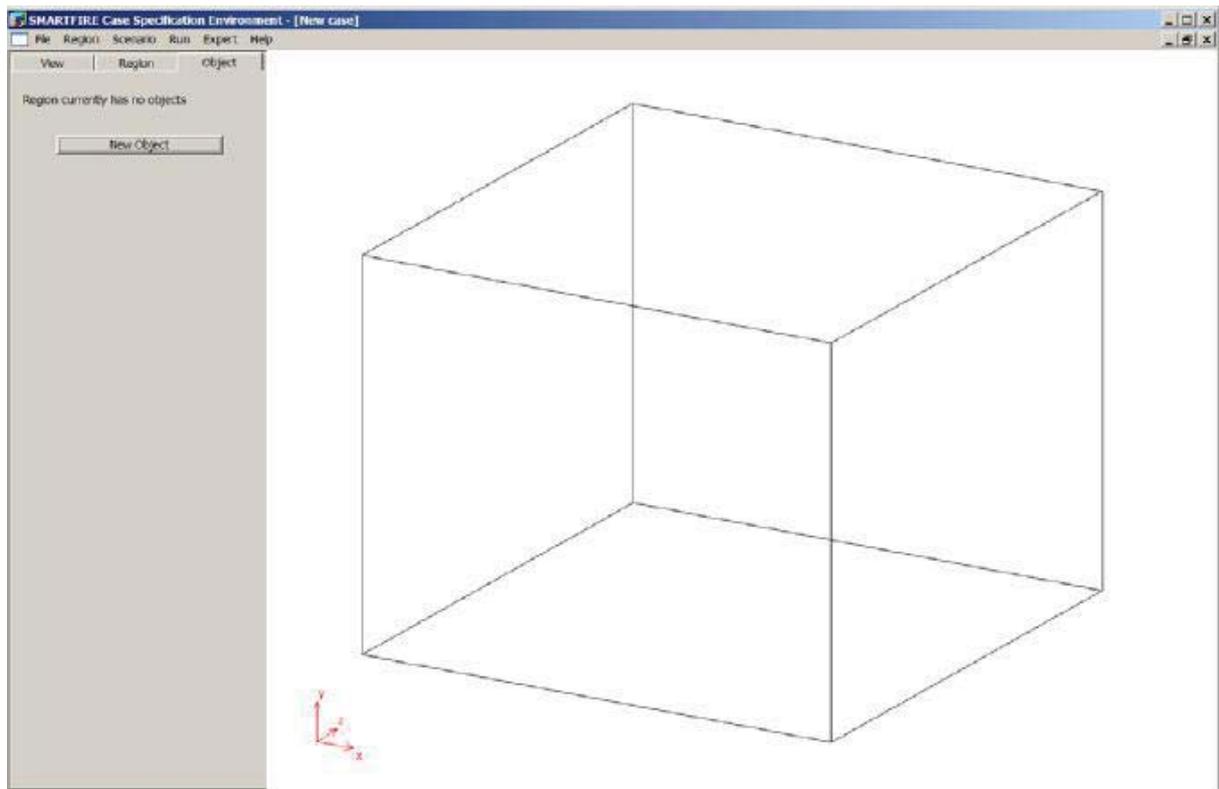


図25-11 オブジェクトエディタパネルを示している指定ツール。

オブジェクトエディタパネルを表示するために「オブジェクト (Object)」タブを選択します (図25-11参照)。最初は定義されたオブジェクトがないため、パネルはただ「新規オブジェクト (New Object)」ボタンを表示しているだけです。このボタンを選択して、新規オブジェクトメニューを開きます。このメニューは、利用可能なすべてのオブジェクトタイプのリストを表示します。「通気孔 (VENT)」オブジェクトを選択してから、「追加 (Add)」ボタンを押します (図25-12参照)。

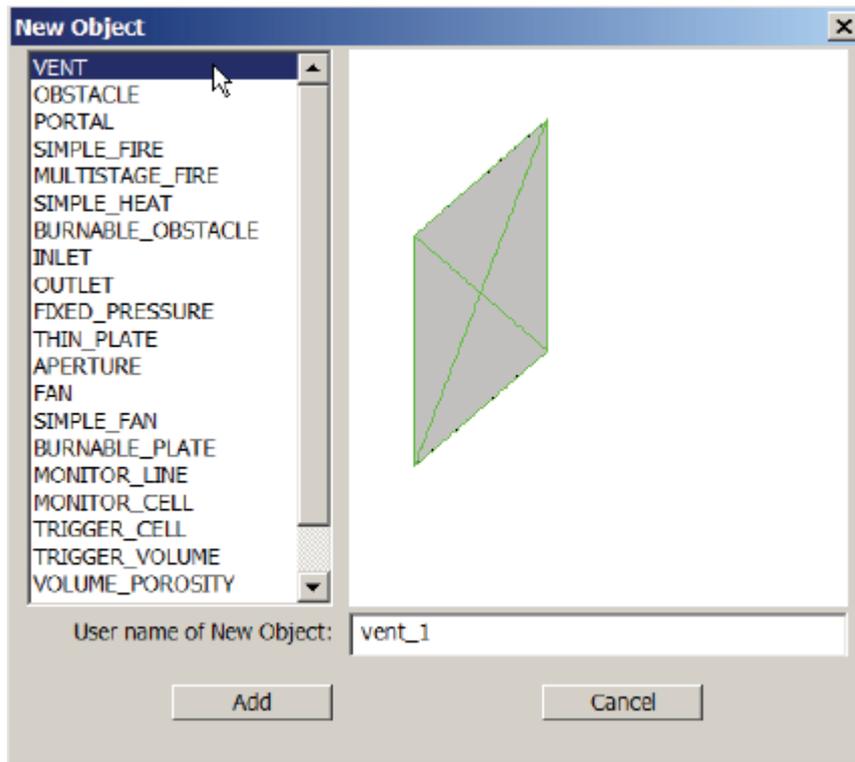


図25-12 新規の通気孔 (VENT)を作成するために用いる新規オブジェクト選択ダイアログ。

ダイアログウィンドウが閉じ、デフォルトサイズの矩形の通気孔が範囲ディスプレイのデフォルトの位置に追加されます(図25-13参照)。オブジェクトエディタパネルは、現在選択されたオブジェクトタイプ(このケースでは今作成した通気孔)に合わせるために変更されます。現在のオブジェクトは、つねに端部が固有タイプのカラーキー、面はグレイのアミかけを用いて表示されます。非選択のオブジェクトには、グレイのアミかけ面がありません。

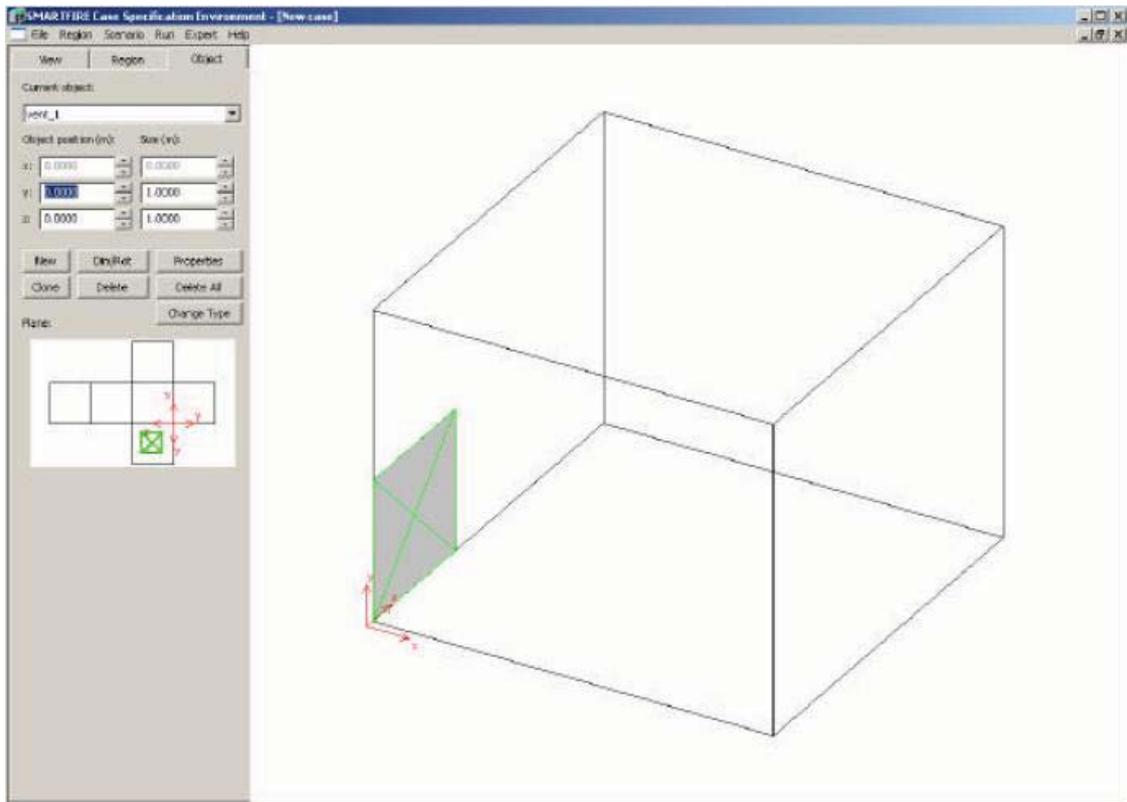


図25-13 デフォルトの位置において新規の通気孔(VENT)を示している指定ツール。

このシミュレーションでは、通気孔(出入口)が幅=0.74mおよび高さ=1.83mとし、壁の1つの中央に位置していることが必要です。自由裁量により、通気孔は、範囲の高-x面(high-x surface)に置かれます。「範囲の展開図」ディスプレイを用いて、通気孔が範囲の高-x面(high-x surface)上に表示されるように、範囲の面を選択します。(図25-14参照)。

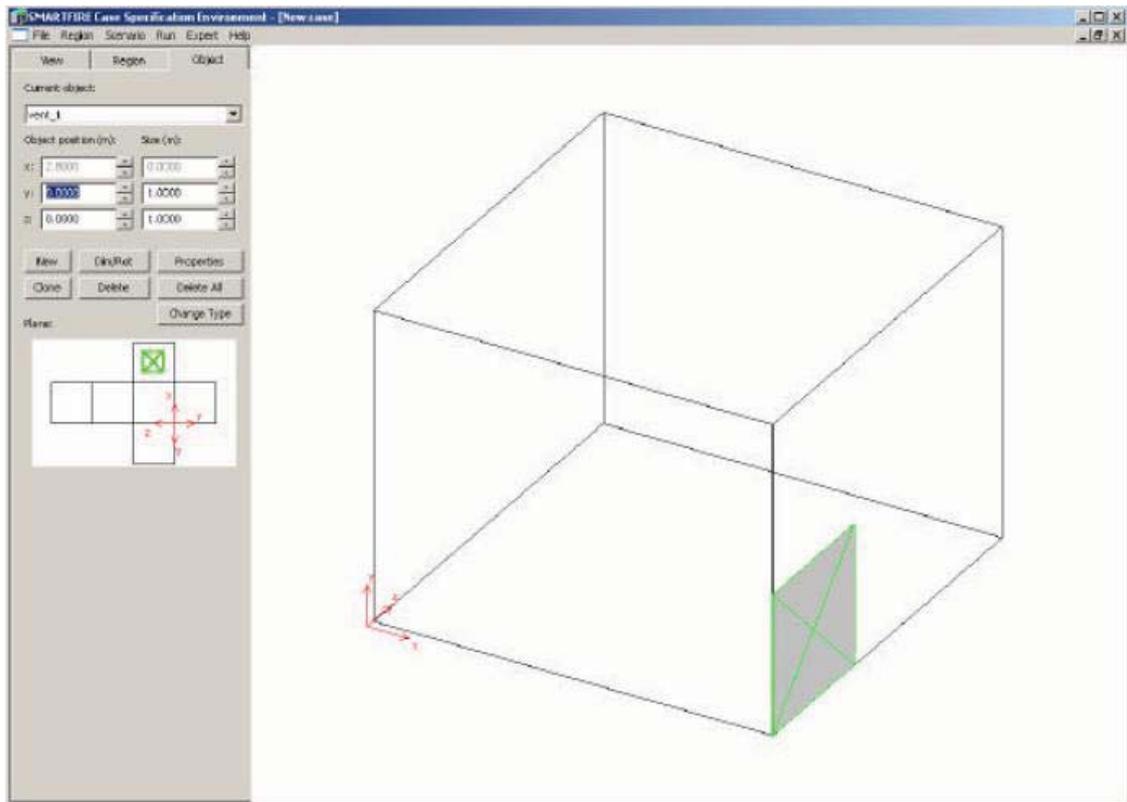


図25-14 「展開」面セレクタを用いている指定ツール。

オブジェクトエディタパネルのスピンボックスで通気孔のサイズおよび位置を入力します(図25-15参照)。これは2次元のオブジェクトであるため、関係のあるサイズおよび位置入力用のスピンボックスのみが有効になります。ケース記述で指定された出入口のケースにおいて、通気孔が高-x面(high-x surface)上にある場合、以下の値を入力する必要があります。y-サイズ=1.83m、z-サイズ=0.74m、およびy-位置=0.0m、z-位置= $(2.8\text{m}/2) - (0.74\text{m}/2) = 1.03\text{m}$ 。これで、通気孔のサイズが正確を定められ、領域(domain)の高-x面の中央に配置されました。

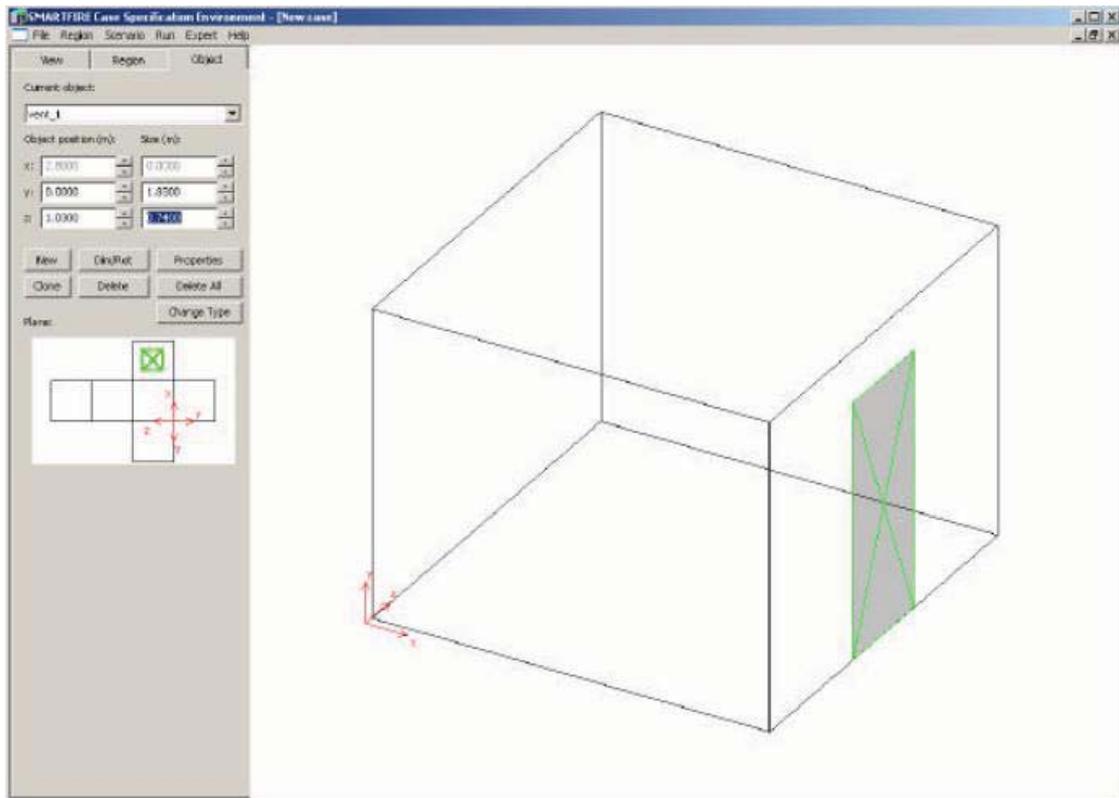


図25-15 正しい通気孔(VENT)のサイズおよび位置を示している指定ツール。

作成する必要がある最後のオブジェクトは、火災源です。範囲に追加するもう1つのオブジェクトタイプを選択するには、「新規(New)」ボタンを選択します。今回は、リストから「単純な火災(SIMPLE FIRE)」項目を選択してから、「追加(Add)」ボタンを押します(図25-16参照)。

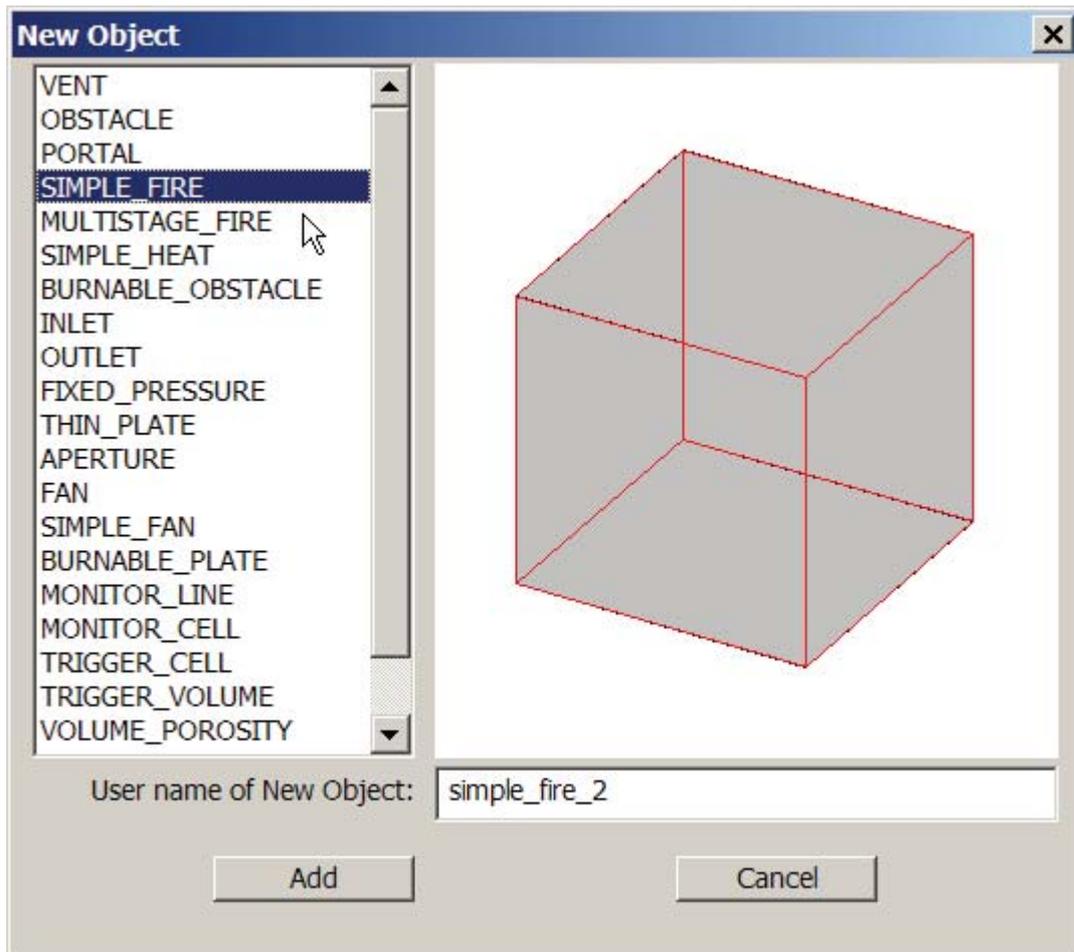


図25-16 新規の単純な火災(SIMPLE_FIRE)を作成するために用いる新規オブジェクトダイアログ。

デフォルトサイズの立方体が範囲の低座標(0.0、0.0、0.0)位置に配置され、現在選択中になります(グレイの面)(図25-17参照)。

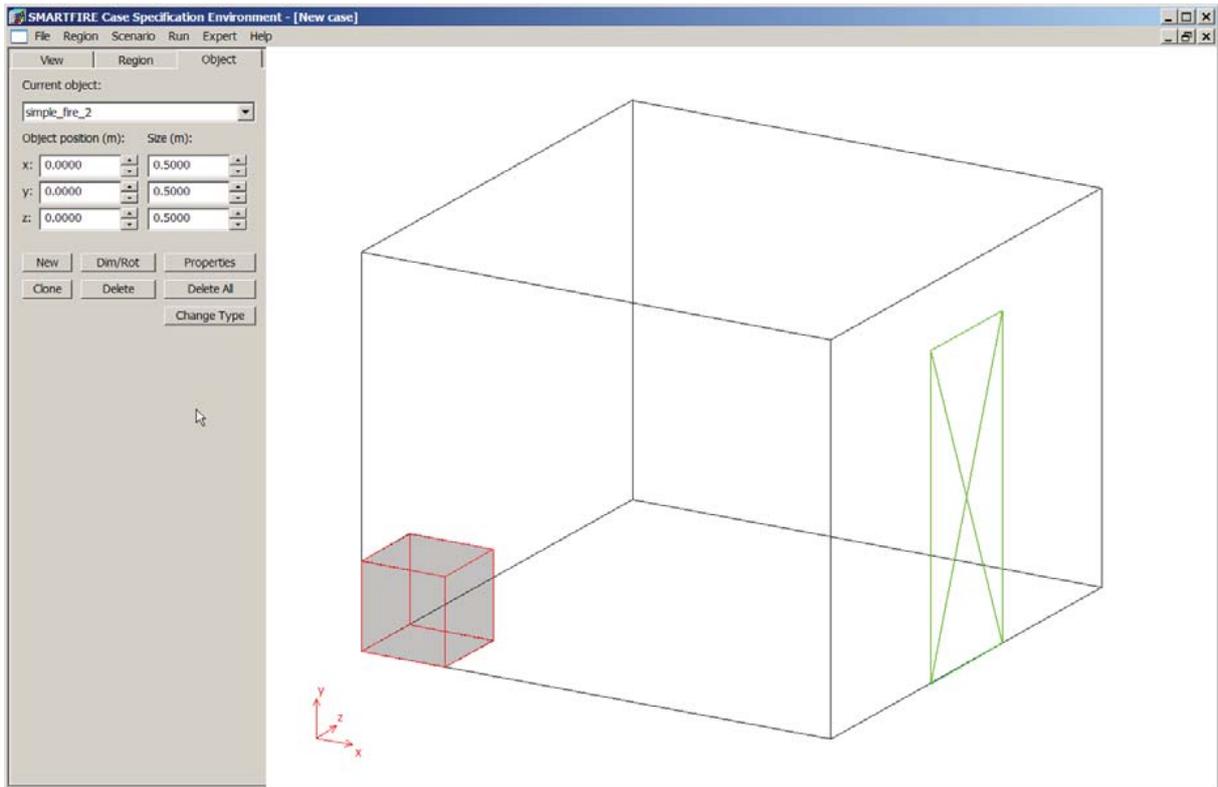


図25-17 デフォルトの単純な火災(SIMPLE_FIRE)を示している指定ツール。

スピンボックスを用いてこの火災のサイズを入力します。この場合、寸法はx-サイズ=0.3m、y-サイズ=0.3m、z-サイズ=0.3mです。位置は以下の通りです。x-位置 = $(2.8\text{m}/2) - (0.3\text{m}/2) = 1.25\text{m}$ 、y-位置 = 0.0m、z-位置 = $(2.8\text{m}/2) - (0.3\text{m}/2) = 1.25\text{m}$ 。適切なスピンボックスにこれらの値を入力すると、火災が中央に配置され、サイズが正確に設定されます(図25-18参照)。火災にはデフォルトの火災出力曲線が指定されますが(一定の50kWの火災)、それはこのケース指定に適切ではありません。「プロパティ(Properties)」という名のボタンを選択して、火災プロパティエディタ (fire properties editor) ウィンドウにアクセスします。「プロパティ(Properties)」ボタンを選択すると、つねに現在選択されたオブジェクトのタイプに適切なエディタウィンドウが開きます。表示された値および設定は、現在のオブジェクトに関するものです。

火災プロパティウィンドウでは、いくつかの所定あるいはパラメトリックの放熱曲線から、火災挙動曲線を選択することができます。ケース記述において、火災は、最終的に62.9kWの持続的な値になるまで、20秒間、線形に増加することが必要とされています(図25-19参照)。

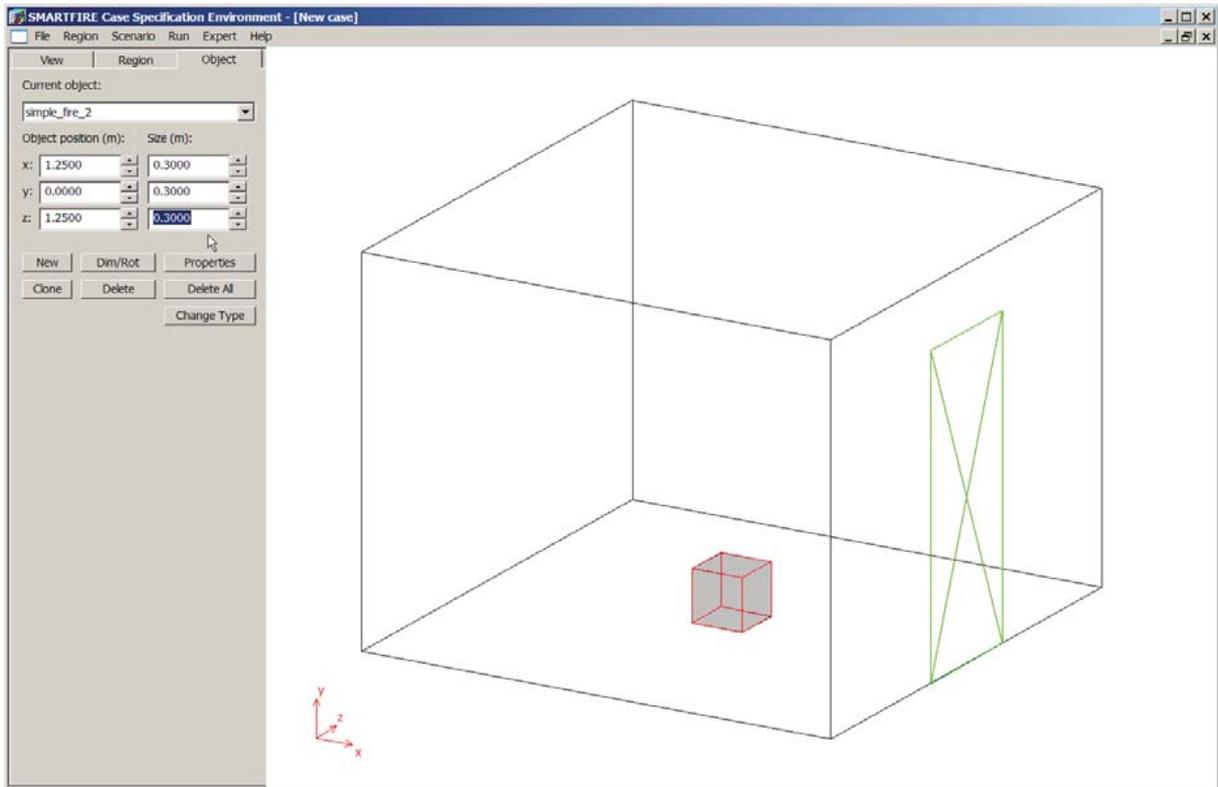


図25-18 火災の位置およびサイズを示している指定ツール。

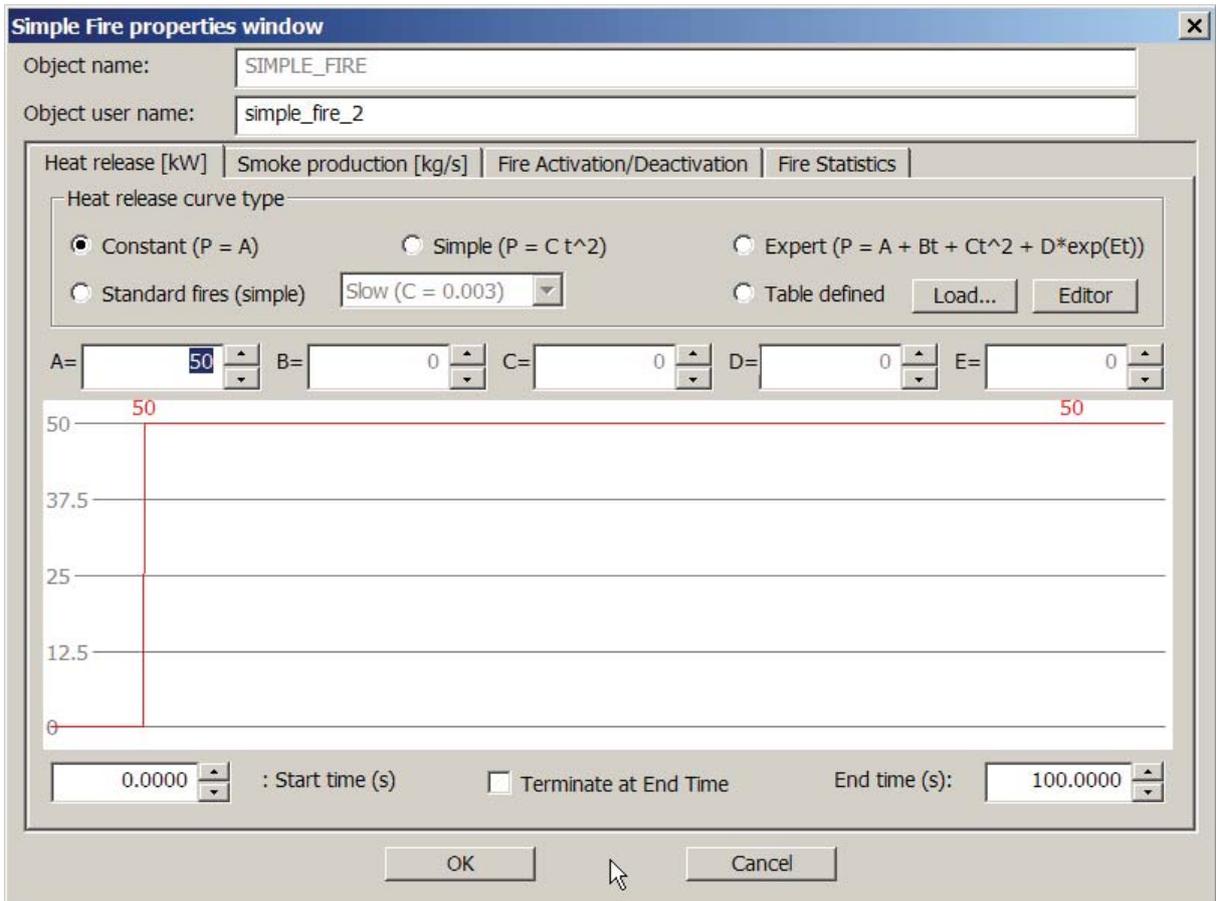


図25-19 デフォルトの火災設定を示している火災プロパティダイアログ。

火災拡大に関するこの「線形」タイプは、「エキスパート(Expert)」パラメトリック曲線に対応しますこれに伴う線形時間の係数は、 $B = (62.9/20) = 3.145\text{kW}$ です。「エキスパート」ラジオボタンを選択して、パラメトリック曲線およびを有効にしてから、B値スピンボックスに3.145を入力します。そのほかすべてのスピンボックスの値は、ゼロに設定します。すなわち、 $A=C=D=E=0.0$ となります(図25-20参照)。

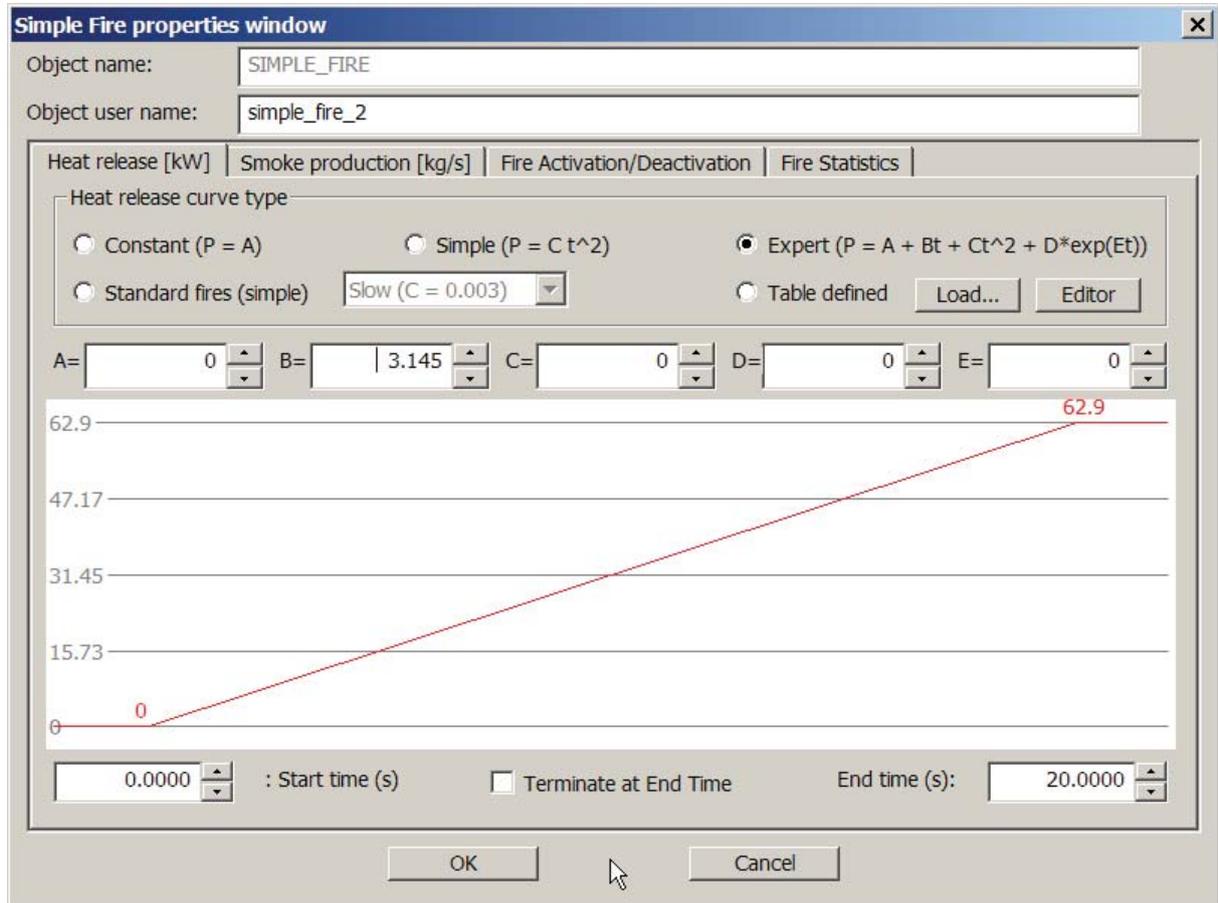


図25-20 20.0秒間で62.9kWに達する線形火災曲線を示している火災(Fire)プロパティ。

火災開始時間(Fire start time)スピンボックスに0.0を入力し、火災終了時間(Fire end time)スピンボックスに20.0を入力します。赤い出力曲線は、実際、左から右への線形の傾斜として表示され、右上の端部の上に、62.9の値が表示されています。これは、このチュートリアルで必要とされる出力曲線です。ダイアログを閉じるには、OKボタンを選択します。

火災曲線がわかりにくい場合は、代替策として、正しい力の単純な定常火災(constant fire)を入力することもできます。それには、「定常(Constant)」曲線タイプを選択し、スピンボックス内に62.9を入力します(定常火災に関する唯一アクティブなスピンボックスです)。

25.3.5 ステップ 4:-問題タイプを定義する

メインメニューバーから「シナリオ(Scenario)」メニューを選択し、「問題タイプ(Problem Type)」項目を選びます。設定ウィンドウが開き、シミュレーションコントロールを変更することができます(図25-21参照)。Steckler A74ケースは、30分後にほぼ定常の状態に達することがわかりましたが、示唆的な結果は3分後に得られます。適度に短いシミュレーションを実行するために、シミュレーション時間特性を変更する必要があります。1つが10

秒間の時間ステップを18個、および時間ステップごとに50回の繰返しを用いて、許容範囲内のシミュレーションを実行することができます。シミュレーション特性を設定するために、以下の値を入力します。時間ステップサイズ=10.0秒、時間ステップの数=18、時間ステップごとの繰返し回数=50。これにより、 $(18 \times 10) = 180$ 秒のシミュレーション時間が得られます。すなわち、3分です。

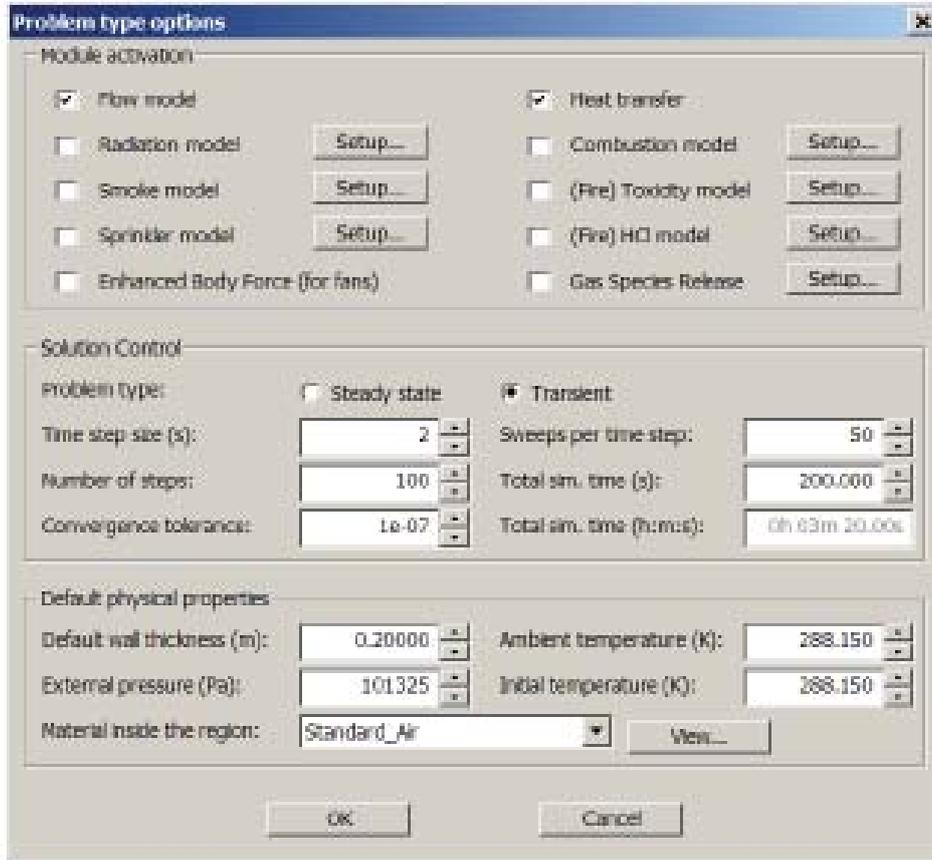


図25-21 シミュレーションのタイプを示しているエキスパート問題タイプ (Expert Problem Type)。

放射を有効にするには、「放射モデル (Radiation model)」チェックボックスを選択します。放射モデルの正しいタイプが用いられることをチェックするには、放射モデルに関する「設定 (Setup)…」に進む必要があります。デフォルトでは、SMARTFIREは6フラックス放射モデルを用います。そのほかのパラメータは、デフォルト値から変更する必要はありませんが、このウィンドウで設定できるそのほかの一括コントロール項目を一通り見ておくことが推奨されます。

25.3.6 ステップ 5: 新規のケースディレクトリに保存する

シミュレーションが完全に指定されたら、固有のケースディレクトリに形状および物理的特性の指定を保存することが必要です。そのケースに関連するそのほかのシミュレーションファイルはそこで作成され、保存されることとなります。メインメニューの「ファイル (File)」オプションおよび「名前を付けて保存 (Save As...)」項目を順に選択します。SMARTFIREの作業ディレクトリの内容を表示するファイルブラウザが開きます (図25-22参照)。このシミュレーションケースに固有の名前を入力します。将来このケースをふたたび容易に識別できるように、そのケースを適切に表す名前を選択することが推奨されます。たとえば、「Tutorial_2」という名前を入力してから、「開く (Open)」ボタンを選択します。「Tutorial_2」という名前のディレクトリ (フォルダー) が作成され、

新規のディレクトリ内に指定ファイル「Tutorial_2.gmd」が保存されます。ユーザーが新規ケースを保存するときはいつでもSMARTFIREがこの操作をおこなうことが期待されるため、ユーザー自身がケースディレクトリを作成してはなりません。

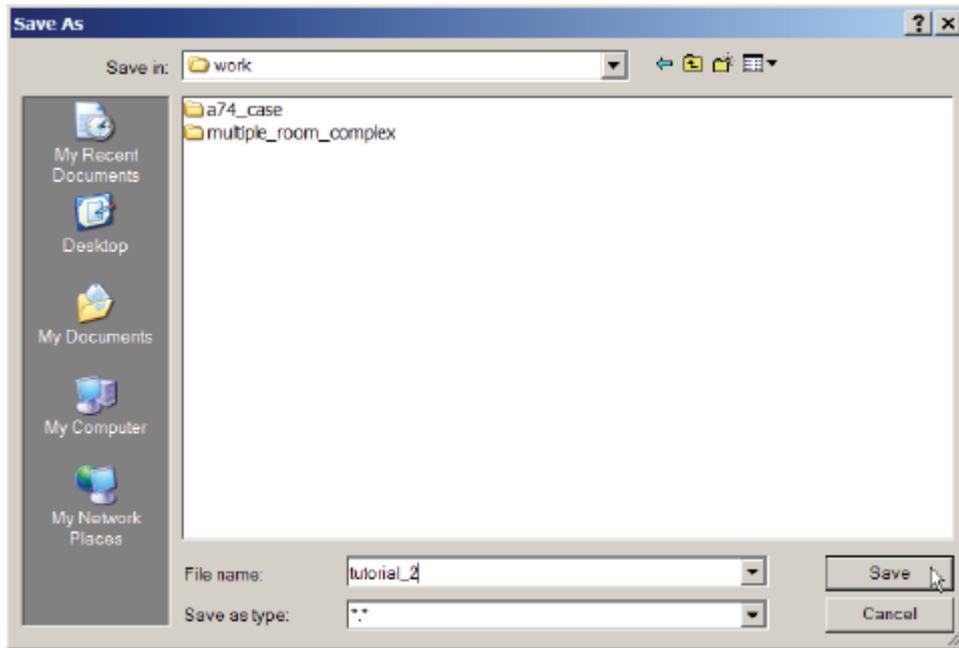


図25-22 ファイルの「名前を付けて保存 (Save As)」を用いて新規ケースの名前を指定する。

25.3.7 ステップ 6: 指定の終了および CFD エンジンの起動

チュートリアル1と同様に、メッシュ指定および指定スクリプトファイルを作成し、CFDエンジンでこのケースをシミュレートする準備ができました。これを実行するステップはチュートリアル1でさらに詳しく説明されていますが、完全性のために、ここでも簡略に列挙します。

- ・ メインメニュー「実行 (Run)」および、「メッシュの作成 (Create Mesh)」を用いて、メッシュ生成システムを実行します。
- ・ このケースをシミュレートするためのセル割当て量 (NX、NYおよびNZ) を選択します (推奨値として、合計約11000のセルの割当て量により適切な品位のメッシュが得られます)。
- ・ 作成されたメッシュを「確定 (Accept)」すると、形状ファイルおよび指定スクリプトが作成されます。またこれにより、自動メッシュ生成ツールが終了します。
- ・ メインメニュー項目「実行 (Run)」および「CFDエンジンの実行 (Run CFD Engine)」を順に選択して、CFDエンジンを起動します。
- ・ CFDエンジンが初期化するのを待ちます。
- ・ 「実行 (Run)」ボタンを用いて、CFDエンジンを起動します。

処理の任意の段階において、可視化ビューの変更、データの検索、グラフの定義、あるいはコントロールパラメータの変更をおこなうために、「停止 (Stop)」ボタンを用いて、CFDエンジンを止めることができます。しかし、現在のスweepが終了するまで待たなければなりません (コントロールウィンドウ内にある上の緑色の進行状況表示バーが右端に到達するまで待ちます)。

終了したら、シミュレーションを止める必要があります。コントロールパネルの「終了 (Exit)」ボタンを押して、CFDエンジンを終了させます。

ここでチュートリアル2を終了します。

25.4 チュートリアル3

25.4.1 概説

このチュートリアルでは、指定環境を用いて、複数の室内火災シナリオの指定およびモデリングについて順を追って説明します。このチュートリアルで扱うケースは、寸法6.1m×3.0m×高さ2.5mの細長い二重の区画で、長軸の一方の終端部に幅1.0mの×高さ2.0mのドアが付いています。範囲は、長軸に沿って半分のところ、厚さ0.1mの間仕切りで2つの区画に均等に分割されます。間仕切りには、終端部の通気孔(ドア)と同じ位置および寸法の出入り口が付いています。外部ドアが付いていない区画の側壁の中央には、1.0m×1.0mの窓がに配置されています。火災は、外部ドアが付いていない区画の中央に配置され、一定の放熱率(100.0kW)を伴う寸法0.5m×0.5m高さ1.0mのガスバーナによって表されます。放射は用いられません。

25.4.2 ステップ 1: ケース指定ツールを起動する

グラフィカルインターフェースが開いたら、[範囲(Region)]タブ(まだ選択されていない場合)を用いて、範囲エディタパネルを表示します。形状オブジェクトが定義されていないデフォルトの範囲のビジュアル表現が表示されます(図25-23参照)。

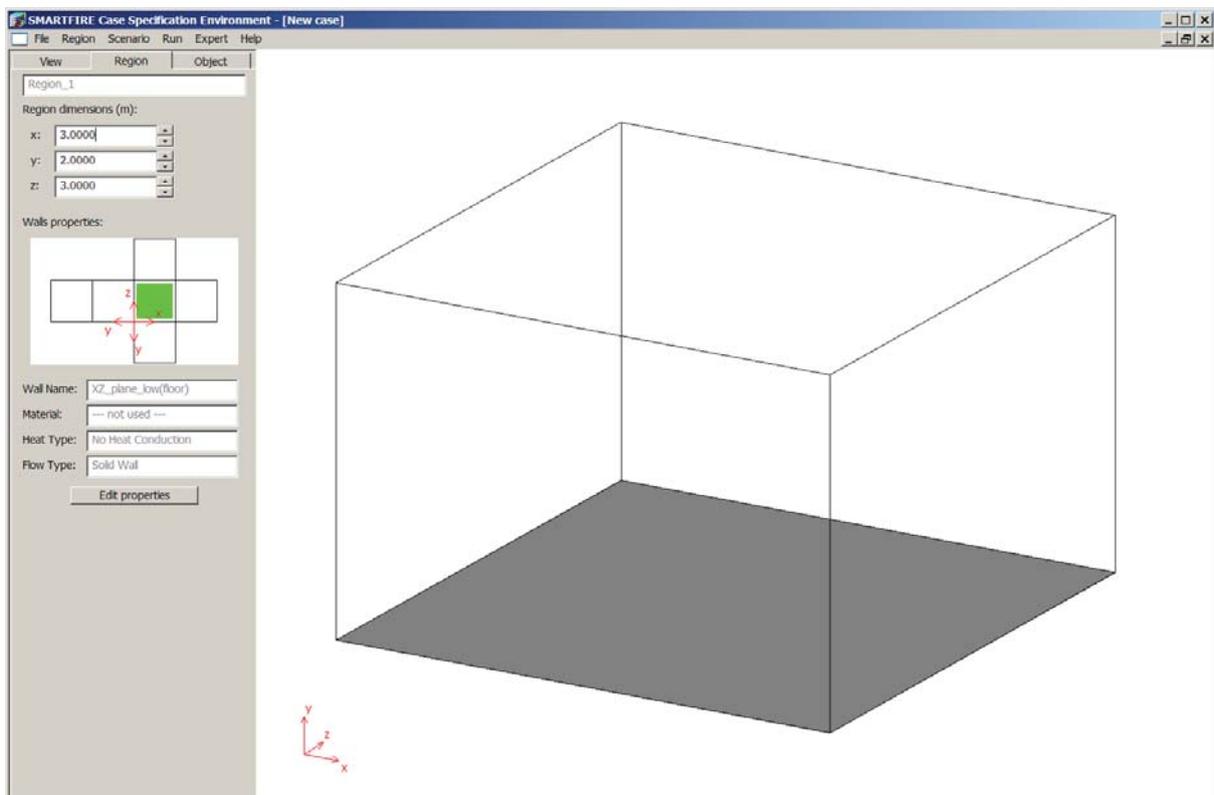


図25-23 デフォルトサイズの範囲を示している指定ツール。

25.4.3 ステップ 2: 領域(domain)を作成する

3つのスピンボックスを用いて、範囲の寸法を入力します(単位:m)。増分および減衰率スピンボタンで選択すると、0.1m刻みで表示サイズを変更することができます。あるいは値をダブルクリックして、新規の値を直接タイプしてから、Enterボタンを押して入力を確定します。上のケース記述で指定したとおり、以下のように寸法を設定する必要があります。x-サイズ=6.1m、y-サイズ=2.5m、z-サイズ=3.0m(図25-24参照)。範囲壁の挙動は、このケースに関してはデフォルトの挙動が許容されるため、変更する必要がありません。

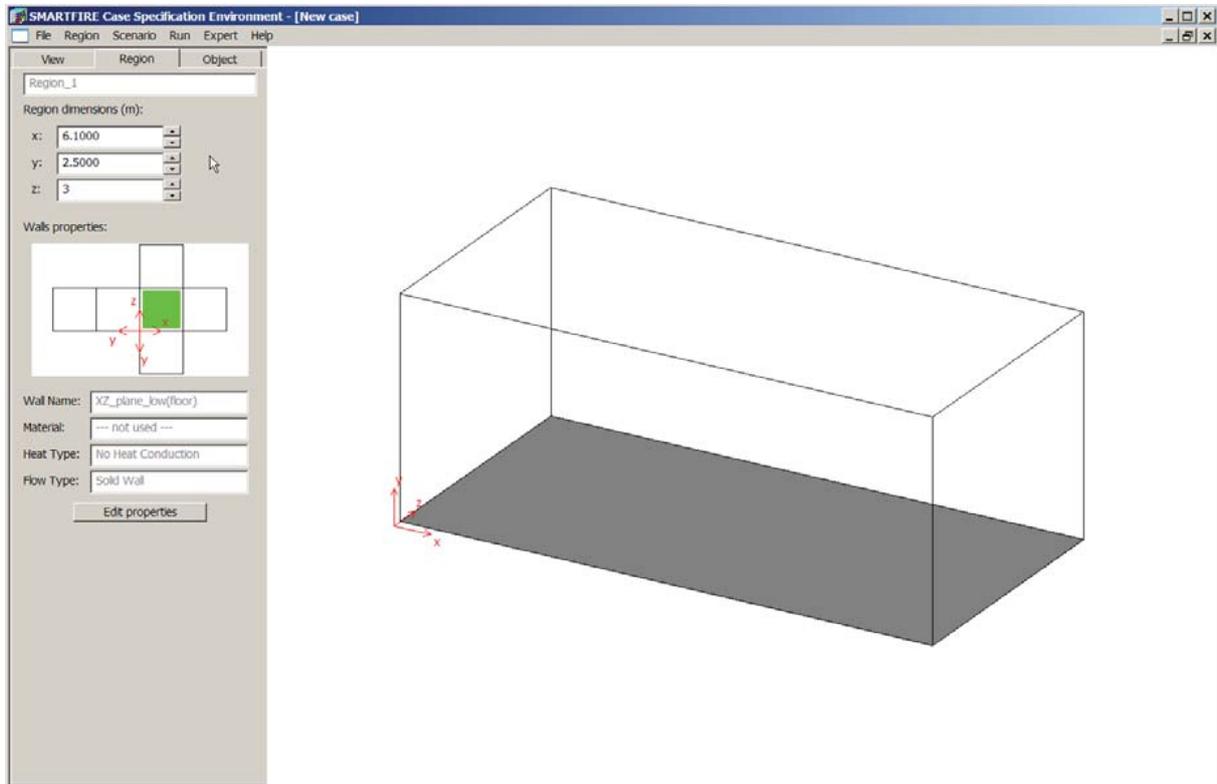


図25-24 正確なサイズを設定した範囲を示している指定ツール。

25.4.4 ステップ 3: 形状オブジェクトを作成する

範囲のサイズを正確に定めたら、シミュレーションに必要な形状のオブジェクト(火災、障害物および通気孔)のすべてを作成することができます。このチュートリアルでは、火災、2つの通気孔(窓とドア)、および3つの障害物(間仕切りを通じて出入口を作るために配置)を作成する必要があります。

オブジェクトエディタパネルを表示するために「オブジェクト(Object)」タブを選択します。最初は、定義されたオブジェクトはありません。したがって、パネルには[新規オブジェクト(New Object)]ボタンだけが表示されています(図25-25参照)。新規オブジェクト選択リストを開くには、このボタンを選択します。ダイアログウィンドウに、シミュレーションに含めることができるすべてのオブジェクトタイプのリストが表示されます。「通気孔(VENT)」オブジェクトタイプを選択してから、[追加(Add)]ボタンを押します。ダイアログウィンドウが閉じ、デフォルトサイズの矩形の通気孔が範囲ディスプレイの既定位置に追加されます(図25-26参照)。オブジェクトエディタパネルは、現在選択されたオブジェクトタイプ(このケースでは今作成した通気孔)に合わせて変更されます。現在のオブジェクトは、つねに端部が固有タイプのカラーキー、面はグレイのアミかけを用いて表示されます。非選択のオブジェクトには、グレイのアミかけ面がありません。

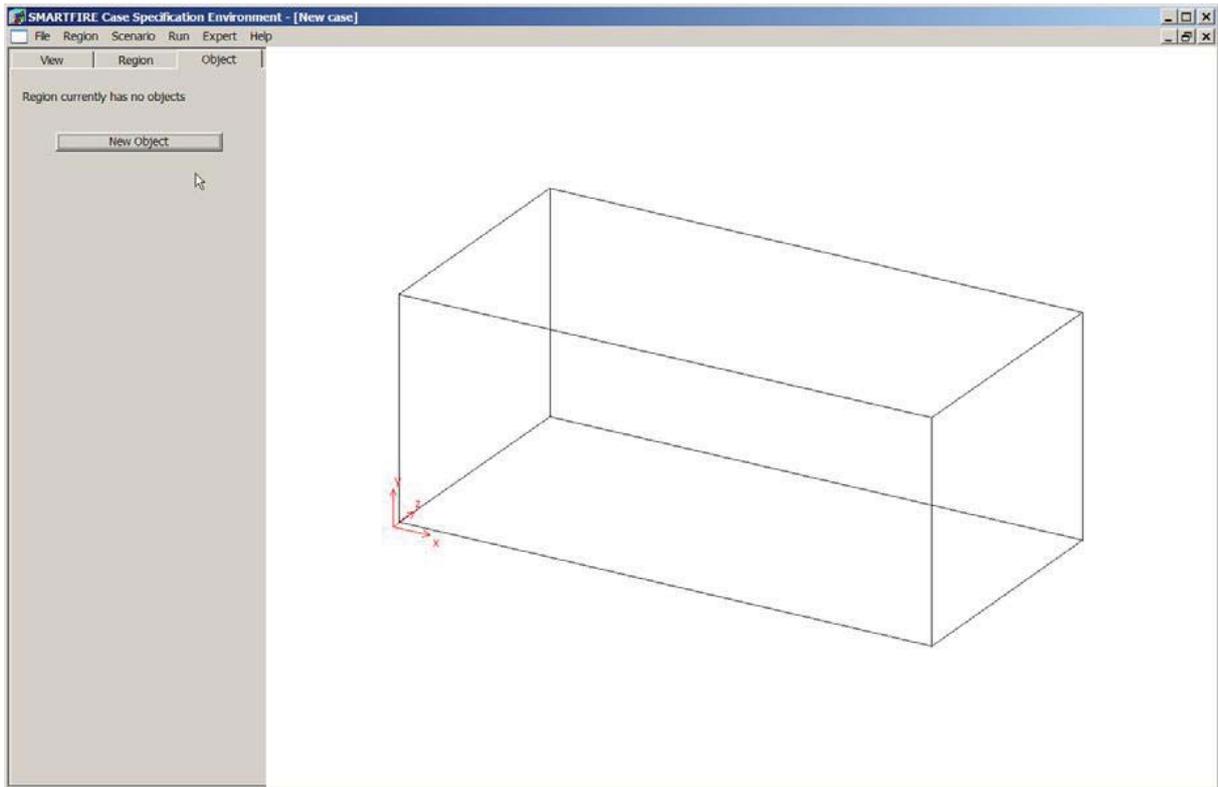


図25-25 オブジェクトパネルを示している指定ツール。

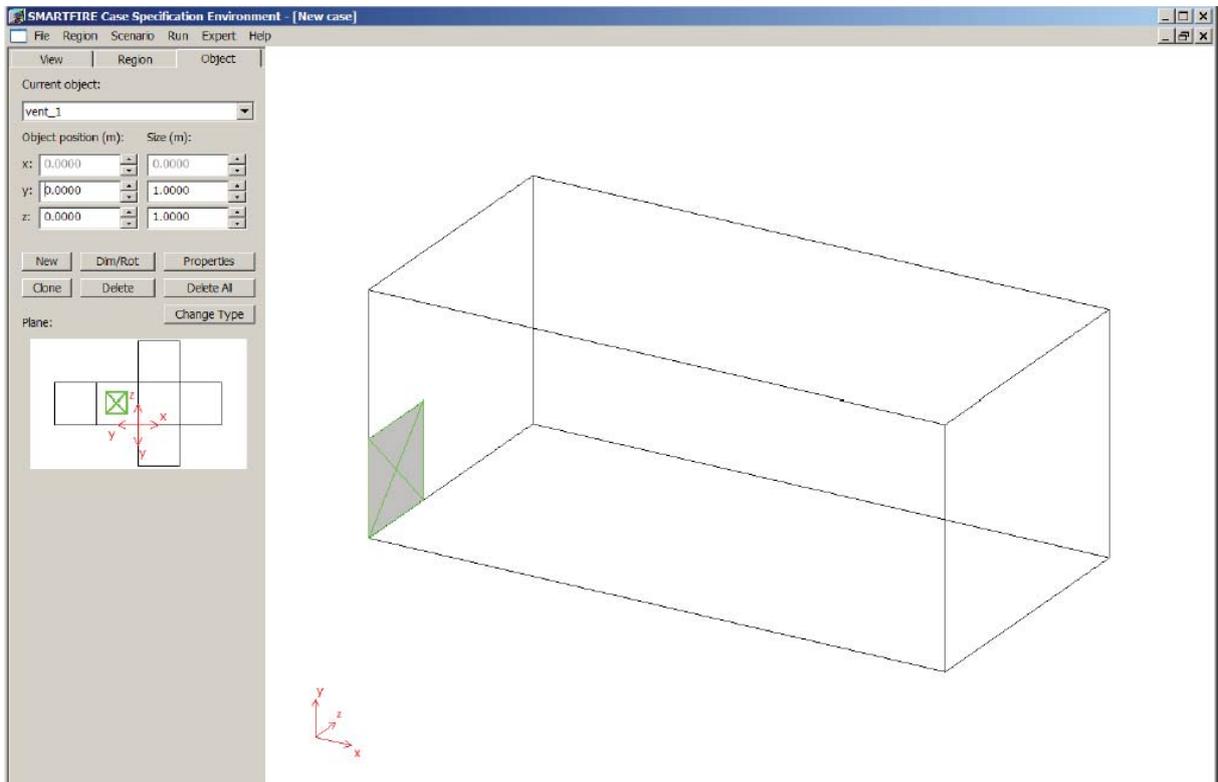


図25-26 デフォルトの位置において新規の通気孔(VENT)を示している指定ツール。

このシミュレーションでは、通気孔(出入口)が幅=1.0mおよび高さ=2.0mとし、壁の高-x面 (high-x surface) の中央に位置していることが必要です。通気孔が範囲の高-x面 (high-x surface) に配置されるように、「範囲の展

開 (unfolded region) 表示エリアを用いて、高-x面を選択します。

オブジェクトエディタパネルのスピンボックスで、通気孔のサイズと位置を入力します。これは制約のある2次元オブジェクトであるため、関係のあるサイズおよび位置入力用のスピンボックスのみが有効になります。ケース記述で指定された出入口のケースにおいて、通気孔が高-x面 (high-x surface) 上にある場合、以下の値を入力する必要があります。y-サイズ=2.0m、z-サイズ=1.0m、およびy-位置=0.0m、z-位置=(3.0m/2) - (1.0m/2)=1.0m。これで、(ドア)通気孔のサイズが正しく設定され、領域 (domain) の高-x面 (high-x surface) の中央に配置されます (図25-27参照)。

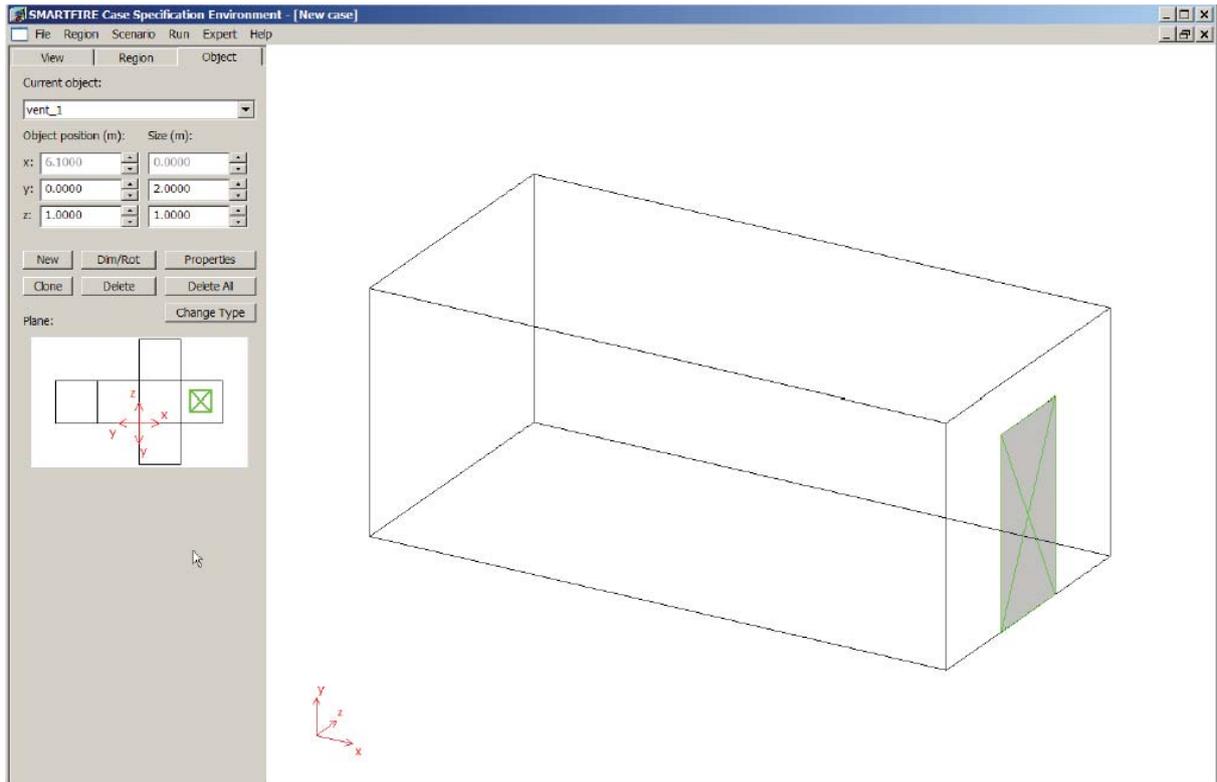


図25-27 ドアの位置とサイズを示している指定ツール。

[新規(New)]ボタンを用いて、「通気孔 (VENT)」オブジェクトをもう1つ作成します。ただし今回は、「範囲の展開 (unfolded region) 表示を用いて、範囲の高-z面 (high-z surface) に配置します。側面の窓に関する以下のサイズおよび位置を入力します。x-サイズ=1.0m、y-サイズ=1.0m、x-位置=(3.0m/2) - (1.0m/2)=1.0m、y-位置=(2.5m/2) - (1.0m/2)=0.75m。これで、(窓)通気孔のサイズが正しく設定され、一つ目の区画の中央に配置されます (図25-28参照)。

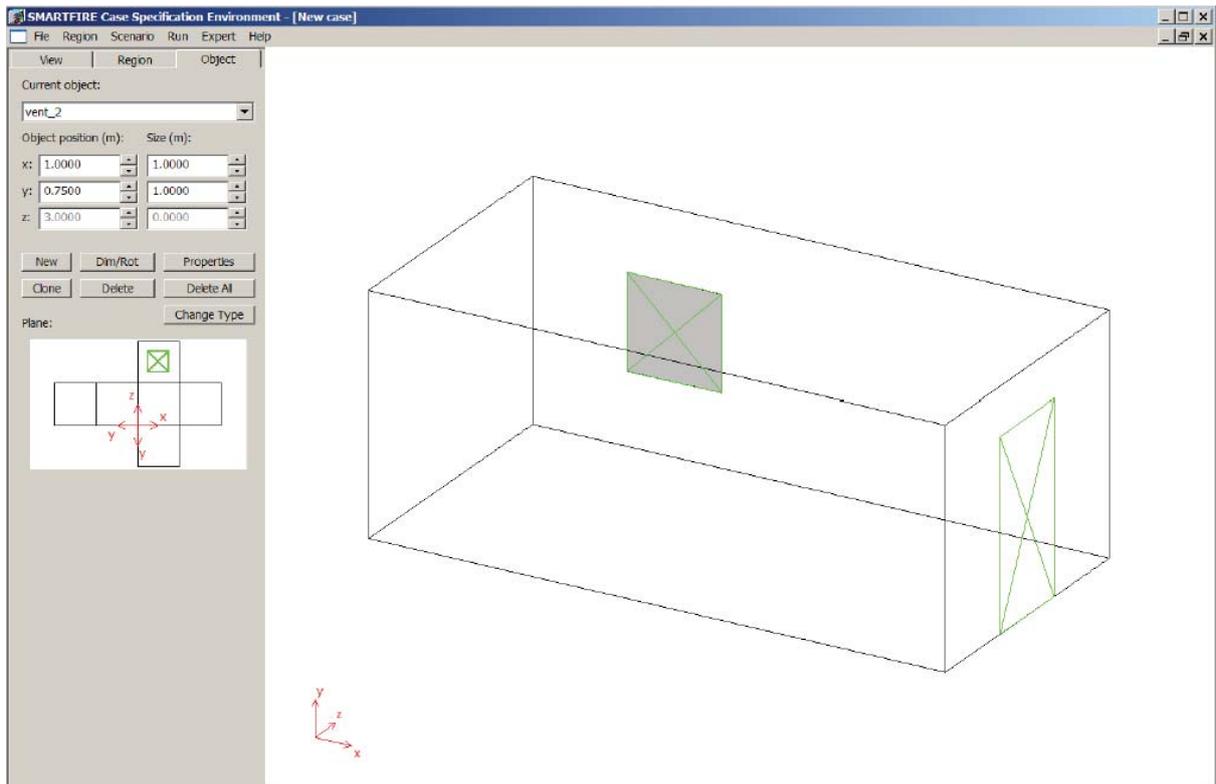


図25-28 窓の位置とサイズを示している指定ツール。

[新規(New)]ボタンを選択し、「障害物(OBSTACLE)」を追加します。2つの区画の間に間仕切りを作成するために、以下のサイズおよび位置を入力します。x-サイズ=0.1m、y-サイズ=2.5m、z-サイズ=3.0m(寸法)、およびx-位置=3.0m、y-位置=0.0m、z-位置=0.0m(位置)(図25-29参照)。

ユーザーが作成するすべての障害物(OBSTACLE)オブジェクトは、デフォルト材料タイプ「壁のデフォルト材料(Wall_Default_Material)」を持ちます。それは、SMARTFIREの本バージョンでは、コンクリートに設定されています。障害物に異なる材料特性を与える必要がある場合は、必要なオブジェクトが現在選択中のときに、オブジェクト[プロパティ(Properties)]ボタンを選択してから、提供された材料定義ライブラリから適切な材料を選択します。このチュートリアルに関しては、材料タイプを変更する必要はありません。

[新規(New)]ボタンを選択して、「入口(PORTAL)」を追加します。2つの区画の間の出入り口(doorway)を作る3つのコンポーネント間仕切りの2番目を作成するために、以下のサイズおよび位置を入力します。x-サイズ=0.1m、y-サイズ=2.0m、z-サイズ=1.0m(寸法)、およびx-位置=3.0m、y-位置=0.0m、z-位置=1.0m(位置)(図25-30参照)。

専門家ユーザーは、[粗メッシュ(Coarse mesh)]割当て量オプションを用いると、手動でのメッシュ作成がさらに容易になります。このオプションにより、すべてのオブジェクトは、正確に機能するために最小限必要な数の内部セルをもつことが確保されますが、重要でないブロックにはセルが1つだけ割当てられます。これにより、配分量の少ないメッシュブロックに必要なに応じてセルを追加するために、対話型手動メッシュ編集ツールを容易に用いることができます。

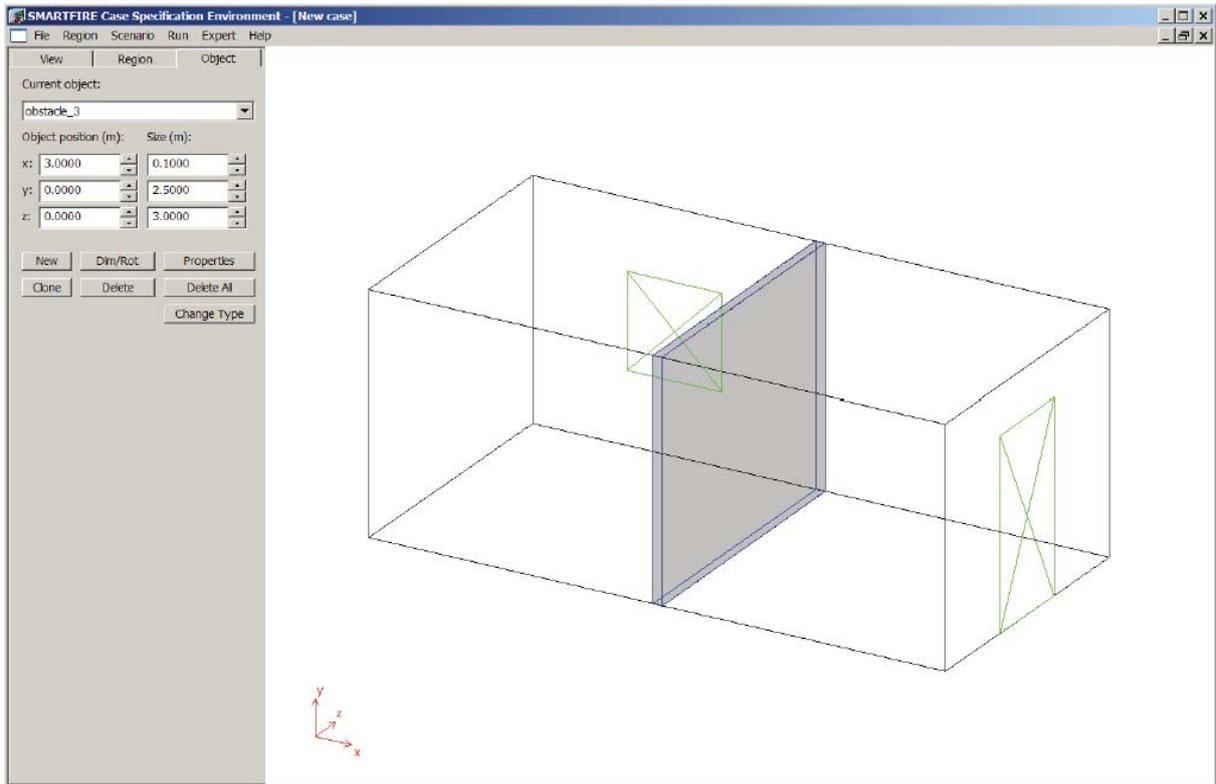


図25-29 間仕切り(partition)を示している指定ツール。

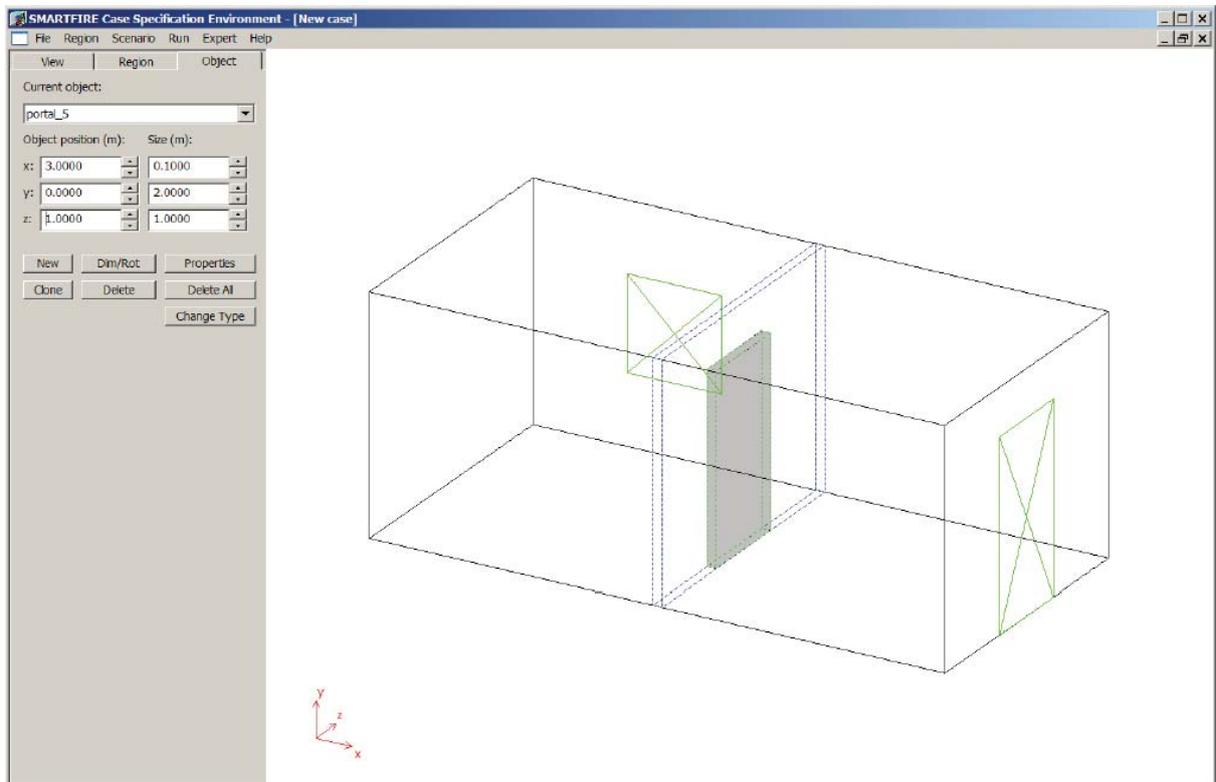


図25-30 間仕切りで区切られた2つの区画を連結している入口(portal)を示している指定ツール。

最後に作成するオブジェクトは、火災源です。範囲に追加する別のオブジェクトタイプを選択するには、「新規(New)」ボタンを選択します。今回は、リストから「単純な火災(SIMPLE_FIRE)」タイプを選択してから、「追加

(Add) ボタンを押します。デフォルトサイズの立方体が範囲の低座標(0.0, 0.0, 0.0)位置に配置され、現在選択中になります(グレイの面)。スピンボックスを用いてこの火災のサイズを入力します。この場合、寸法はx-サイズ=0.5m、y-サイズ=1.0m、z-サイズ=0.5mです。位置は以下の通りです。x-位置=(3.0m/2)-(0.5m/2)=1.0m、y-位置=0.0m、z-位置=(3.0m/2)-(0.5m/2)=1.0m。適切なスピンボックスにこれらの値を入力すると、火災が1番目の区画の中央に配置され、サイズが正確に設定されます(図25-31参照)。

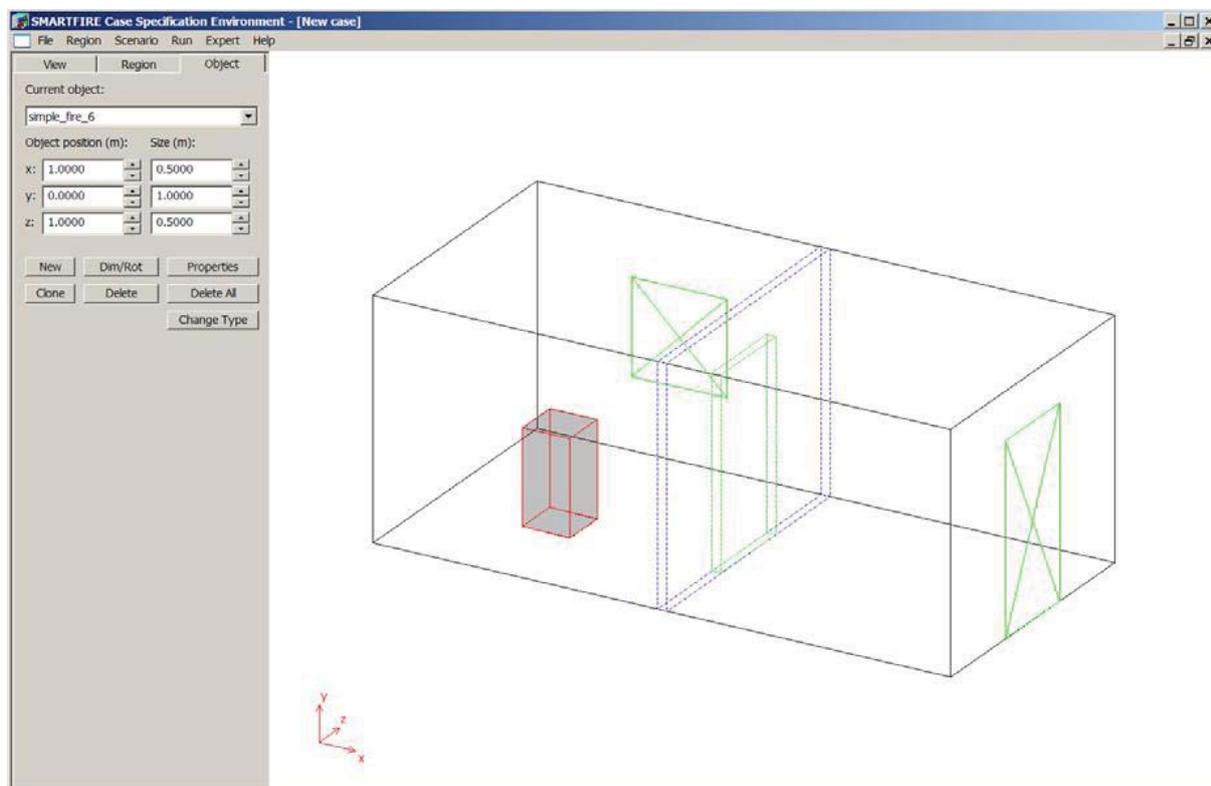


図25-31 火災の位置およびサイズを示している指定ツール。

火災にはデフォルトの火災出力曲線が指定されますが(一定の50kWの火災)、それはこのケース指定に適切ではありません。「プロパティ(Properties)」という名のボタンを選択して、火災プロパティ(fire properties)ウィンドウにアクセスします。

火災にはデフォルトの火災出力曲線が指定されますが(一定の50kWの火災)、それはこのケース指定に適切ではありません。「プロパティ(Properties)」という名のボタンを選択して、火災プロパティ(fire properties)ウィンドウにアクセスします。火災プロパティウィンドウでは、いくつかの所定あるいはパラメトリックの放熱曲線から、火災挙動曲線を選択することができます。ケース記述において、この火災は100.0kWの定常熱出力値をとる必要があります。定常曲線を有効にするには、[定数(Constant)]出力曲線タイプのラジオボタンを選択し、[A]値スピンボックス内に100.0を入力します(図25-32参照)。

そのほかすべてのスピンボックス値は、定常出力火災(constant power fires)に関して無効になります。定常火災は $t=0.0$ 秒において開始し、無期限に継続すると想定されているため、火災の開始および終了時間を変更する必要はありません。OKボタンを選択して、ダイアログを閉じます。

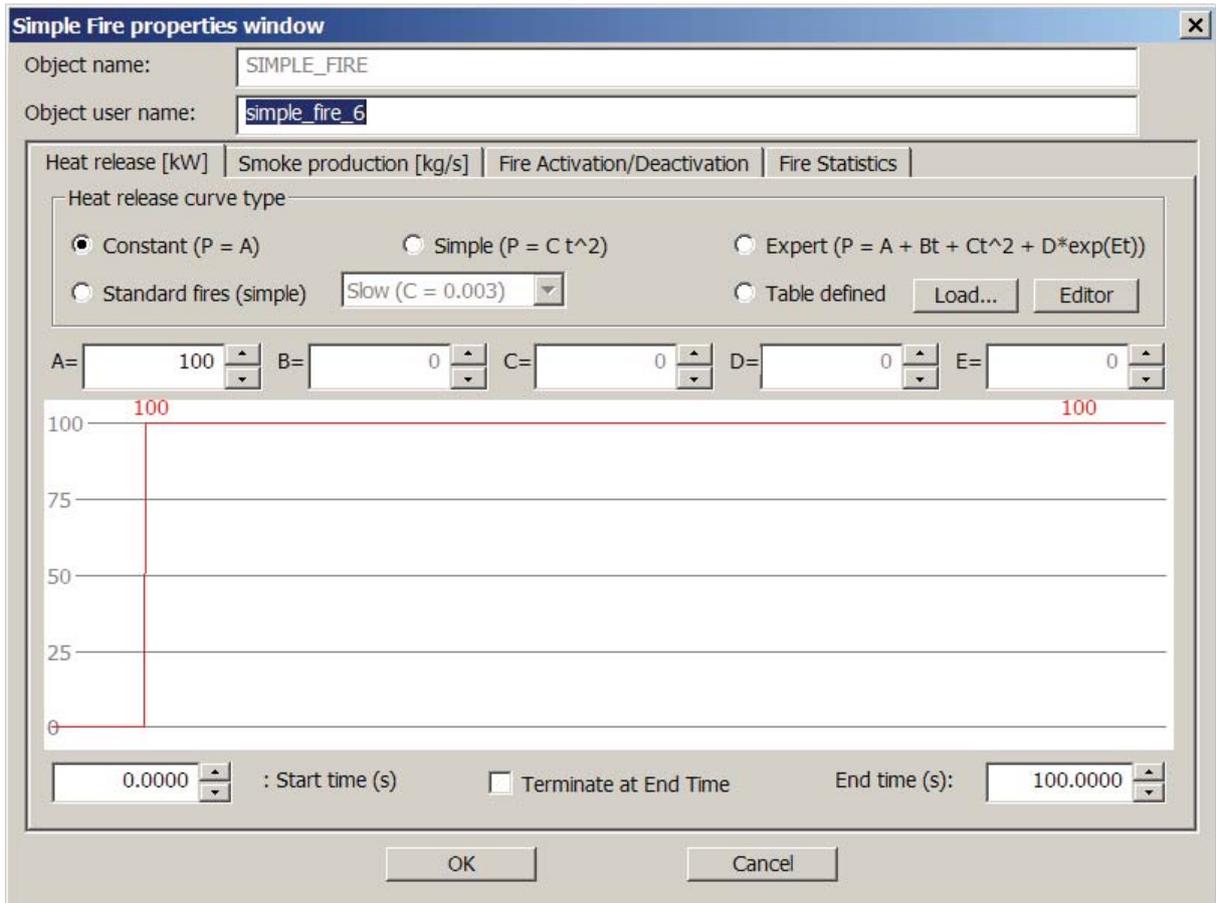


図25-32 100.0kWの定常火災を示している火災プロパティウィンドウ。

25.4.5 ステップ 4: 問題タイプを定義する

メインメニューバーから「シナリオ (Scenario)」メニューを選択し、「問題タイプ (Problem Type)」項目を選びます。設定ウィンドウが開き、シミュレーションコントロールを変更することができます (図25-33参照)。このケースは、約30分後にほぼ定常の状態に達すると推定されますが、示唆的な結果は3分後に得られます。適度に短いシミュレーションを実行するために、シミュレーション時間特性を変更する必要があります。1つが10秒間の時間ステップを18個、および時間ステップごとに50回のスweepを用いて、許容範囲内のシミュレーションを実行することができます。シミュレーション特性を設定するために、以下の値を入力します。時間ステップサイズ = 10.0秒、時間ステップ数 = 18、時間ステップごとのスweep数 = 50。これにより、 $(18 \times 10) = 180$ 秒のシミュレーション時間が得られます。

放射 (Radiation) を有効にしてはなりません。したがって、放射アクティベーション (Radiation activation) のチェックボックスが空である (すなわち、チェックや×印が付いていない) ことを確認します。そのほかのパラメータは、デフォルト値から変更する必要はありませんが、このウィンドウで設定できるそのほかの一括コントロール項目を一通り見ておくことが推奨されます。

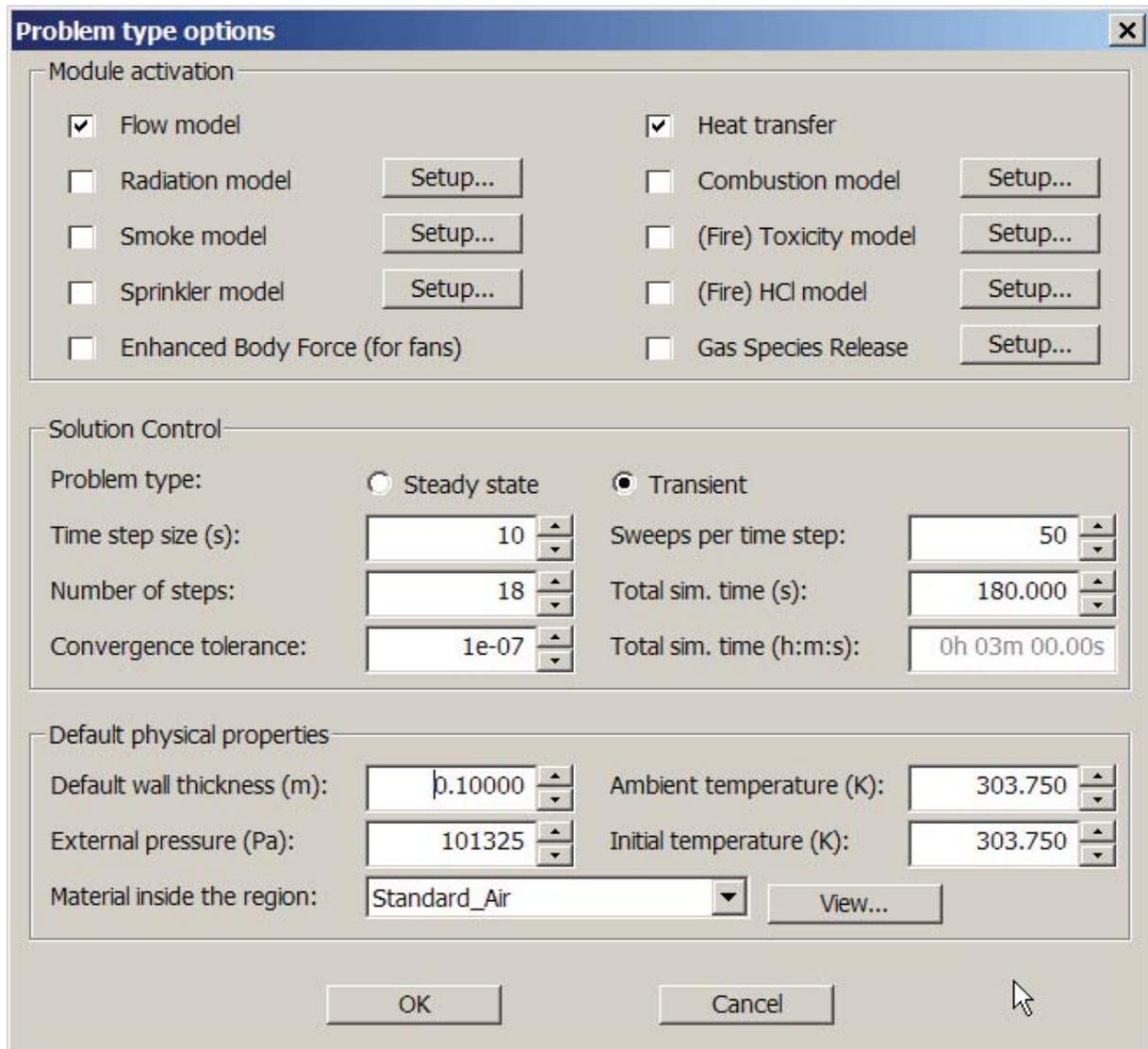


図25-33 問題タイプ(Problem type)ダイアログ。

25.4.6 ステップ 5: 新規のケースディレクトリに指定を保存する

シミュレーションが完全に指定されたら、固有のケースディレクトリに形状および物理的特性の指定を保存することが必要です。そのケースに関連するそのほかすべてのシミュレーションファイルの作成、アクセス、保存がそのディレクトリでおこなわれます。メインメニューの「ファイル(File)」オプションおよび「名前を付けて保存(Save As...)」項目を順に選択します。作業ディレクトリ(work directory)においてファイルブラウザが開きます。このケースに固有の名前を入力します。(図25-34参照)。

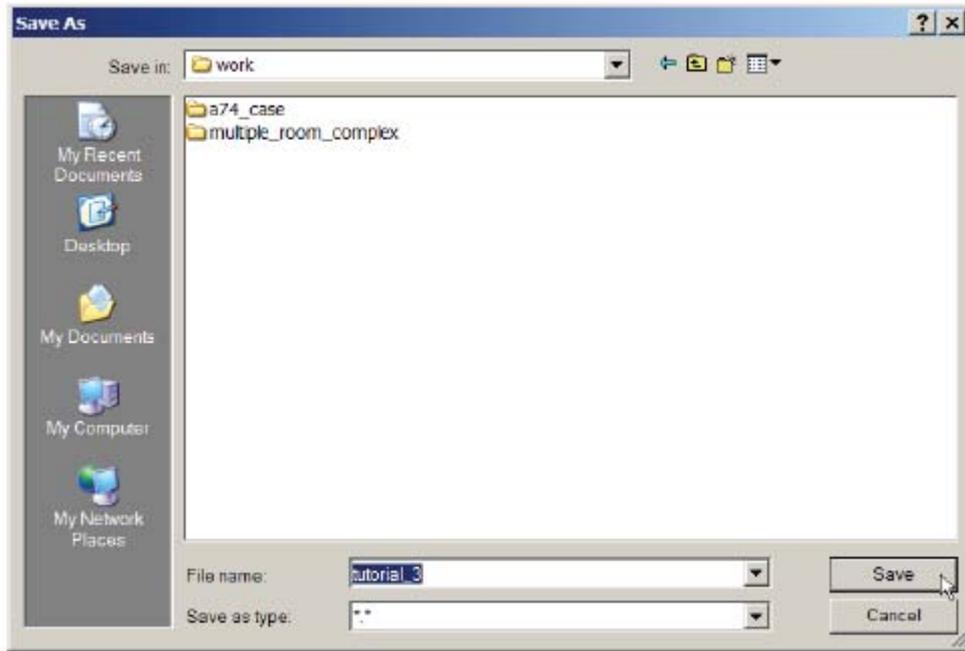


図25-34 ケースに名前を付けるために用いられるファイルの[名前を付けて保存(Save as)]ダイアログ。

将来このケースをふたたび容易に識別できるように、そのケースを適切に表す名前を選択することが推奨されます。たとえば、「Tutorial_3」という名前を入力してから、[開く(Open)]ボタンを選択します。「Tutorial_3」という名前のディレクトリ(フォルダー)が作成され、そのディレクトリ内に指定ファイル「Tutorial_3.smf」が保存されます。ユーザーが新規ケースを保存するときにはいつでもSMARTFIREがこの操作をおこなうことが期待されるため、ユーザー自身がケースディレクトリを作成してはなりません。

25.4.7 ステップ 6: 指定を終了し、CFD エンジンを起動する

これでメッシュ指定および指定スクリプトファイルを作成し、CFDエンジンでこのケースをシミュレートする準備ができました。そのための手順を簡潔に記述します。

- ・ メインメニューの[実行(Run)]および[メッシュの作成(Create Mesh)]を用いて、自動メッシュ生成システムを実行します。
- ・ このケースをシミュレートするためのセル割当て量(NX、NYおよびNZ)を選択します(推奨値として、合計約20000のセルの割当て量により、適切な品位のメッシュが得られます)。
- ・ 作成されたメッシュを「確定(Accept)」すると、形状ファイルおよび指定スクリプトが作成されます。またこれにより、自動メッシュ生成ツールが終了します。
- ・ メインメニュー項目「実行(Run)」および「CFDエンジンの実行(Run CFD Engine)」を順に選択して、CFDエンジンを起動します。
- ・ CFDエンジンが初期化するのを待ちます。
- ・ 「実行(Run)」ボタンを用いて、CFDエンジンを起動します。

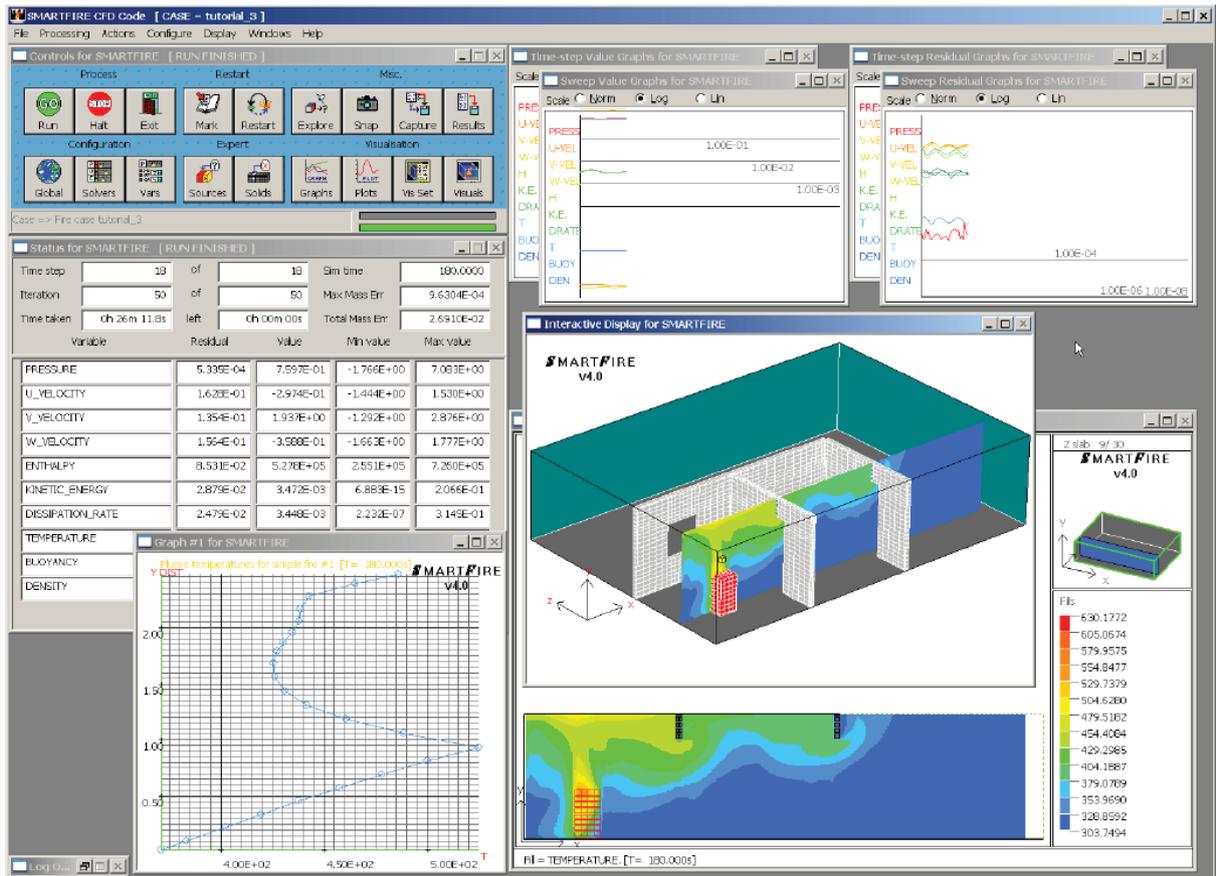


図25-35 シミュレーションが完了した時のCFDエンジン(再構成されたウィンドウ)。

処理の任意の段階において、可視化ビューの変更、データの検索、グラフの定義、あるいはコントロールパラメータの変更をおこなうために、「一時停止(Halt)」ボタンを用いて、CFDエンジンを止めることができます。ただし、現在のスイープが終了するまで待たなければなりません(コントロールウィンドウ内にある上の緑色の進行状況表示バーが右端に到達するまで待ちます)。

最終の画像は、設定されたシミュレーションの終了を示します(図25-35参照)。この(細長い)ケースをさらに鮮明に表示するために、ユーザーインターフェースウィンドウが少し再構成されていることに気づくでしょう。

終了したいときは、CFDコードを停止し、コントロールパネルで[終了(Exit)]ボタンを押します。

ここでチュートリアル3を終了します。

25.5 チュートリアル 4

25.5.1 概説

このチュートリアルでは、*SMARTFIRE*ケース指定ツールを用いて、適度に複雑な複数の部屋形状の指定をおこない、対話型自動メッシュ生成ツールを用いてメッシュを生成し、*SMARTFIRE* CFDエンジンを用いてケースをシミュレートします。このシミュレーションケースは、火災解析をおこなうさらに大きい建物の一角を表すものです。この課題は、メインの廊下における大規模な火災にもとづいて、火災が隣接する室内の温度に及ぼす影響を調査します。形状の平面ビューは以下のとおりです。

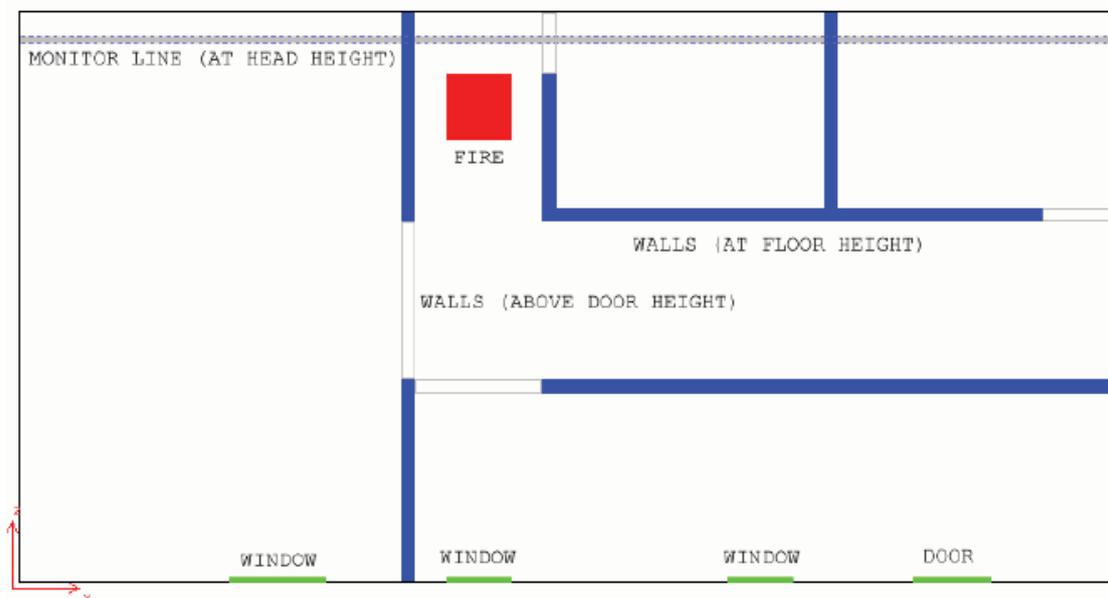


図25-36 部屋のレイアウト形状を示している平面ビューの図面。

指定を単純化するために、一定の想定条件が以下のとおり設定されました。

- ・ 部屋はすべてオープンプランです。またシミュレーションのすべてに関して、すべての出入口 (doorways) および窓は全開していると想定されます。
- ・ 廊下の端のドアはシミュレーションの間中閉じており、火災による影響を受けて構造的に損傷することはないと想定されます。最も大きい部屋の外壁には実際に窓がありますが、これらはシミュレーションの間中、閉じている(したがってモデル化されていない)と想定されます。ここで注意すべき点は、窓を開けることも可能ですが、さらに範囲を拡張することが必要なため、シミュレーション時間が増大することです。
- ・ 閉じたドアや窓の周囲のわずかな空気漏れは無視されます。シミュレーションの実施中、壁を伝わる熱伝達は、そのほかの過程による熱伝達に比較して、無視されます。これも、この事例のために想定条件を単純化してあります。これらは*SMARTFIRE*のシミュレーションに反映させることはできますが、このデモンストレーションでは用いません。
- ・ 廊下は、火災の延焼や2次の発火を助長する可能性がある可燃性物質を含んでいないと想定されます。

このケースの形状において、内部の壁を作成するために多数の障害物(OBSTACLE)が必要です。ユーザー

は、前のチュートリアルから、そのようなオブジェクトの構築、正確な設定、および配置に精通していることが想定されます。

この火災は、廊下の一方の端にあった掃除用トリーの火災であると想定されます。火災は2分で2MWのピーク放熱率に到達します。火災が廊下で発生し、建物から従来のな手段で退出することを妨げるため、我々は実際、出口として使用できる外部出口がない隣接する室内で(およそ頭の高さにおいて)限界温度に達する時間の決定に関心があります。

25.5.2 ステップ 1: 形状およびシナリオを作成する

*SMARTFIRE*ケース指定ツールを実行します。グラフィカルユーザーインターフェースが開いたら、[範囲 (Region)]メニューパネルを選択し、形状範囲のサイズを $X=17.2\text{m}$ 、 $Y=4.0\text{m}$ および $Z=9.0\text{m}$ に設定します。正確にシミュレーション範囲のサイズを定めたら、[ファイル (File)]および[名前を付けて保存 (Save as)]オプションを選択して、ケースに名前を付けるとよいでしょう。それによって、*SMARTFIRE*のワークディレクトリが作成されます。現在のケースに関するすべてのモデルファイルおよび結果ファイルがこのフォルダ内に収められます。たとえば、ケースが「t_4」と命名された場合、その「t_4.smf」のファイルは「smartfire\work\t_4」ディレクトリに保存されます。このフォルダには、当該ケースの指定に関する形状および物理的特性のすべてが含まれます。また後に、このシナリオに関するシミュレーションおよび結果ファイルのすべてが収められます。

シミュレーションシナリオは、熱 (Heat)、流れ (Flow)、および放射 (Radiation)モデルを用い、6フラックスモデルが起動されます。デフォルトの壁放射率 (Default Wall Emissivity)は0.8に設定されます。燃焼 (Combustion)、煙 (Smoke)、およびが拡張した体積力 (Enhanced Body Force)モデルは起動されません。シミュレーションは時間ステップごとに50のスweepを伴う2.0秒の時間ステップサイズにより一過性 (Transient)モードにおいて実行されます。時間ステップの数は150に設定されます(300秒すなわち5分をシミュレート)。収束 (Convergence)許容値は、デフォルトの0.001を用います。物理プロパティは以下のように設定されます。デフォルトの壁厚さは0.2m、周囲温度は288.75Kに設定、外部圧力 (External pressure)は101325.0Pa、および範囲内の材料 (Material)、は「Standard_Air (標準空気)」。

メインメニューバーから[シナリオ (Scenario)]オプションを選択し、[問題タイプ (Problem type)]を選択して、このシナリオに関する問題タイプにアクセスします。問題タイプオプションウィンドウは、以下のように示されます。

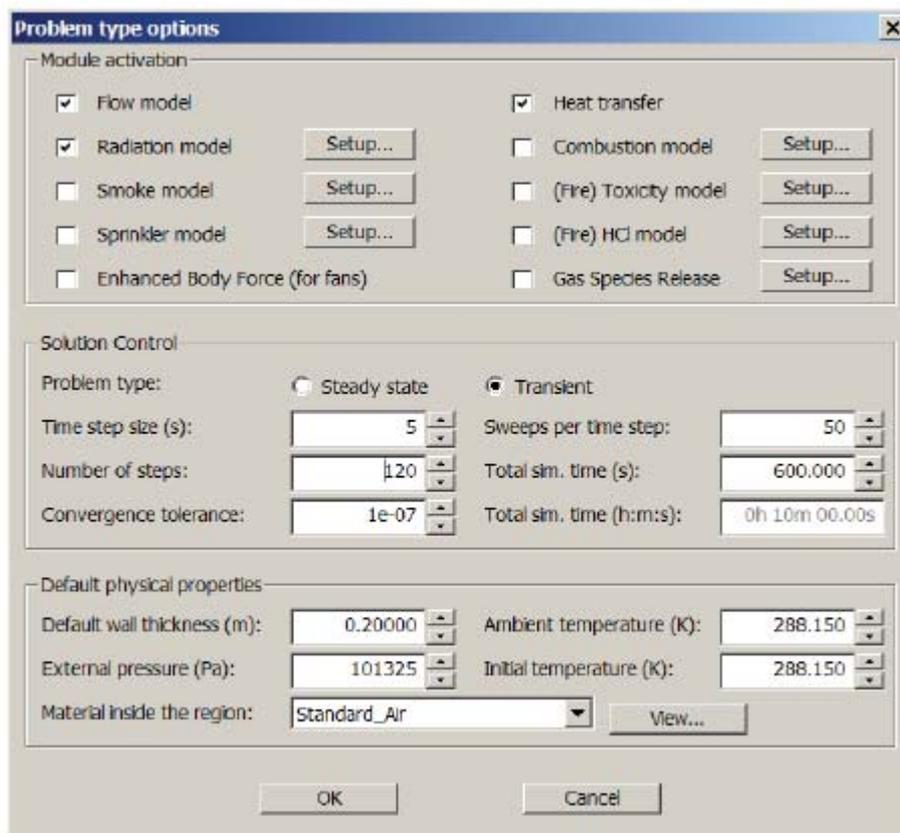


図25-37 問題タイプオプション(Problem type options)ウィンドウ。

シミュレーションケースのための壁、窓、および火災を構成するオブジェクトを作成するには、[オブジェクト(Object)]ノートブックタブを選択します。現在の範囲にオブジェクトを追加したり、すでに作成したオブジェクトのプロパティを変更したりすることができるようになります。[新規(New)]を選択して、以下のオブジェクトのリストを作成し、精密に配置し、および正確にサイズ設定する必要があります。作成する必要があるオブジェクトを以下に列挙します。多数のオブジェクトを作成するときは、[複製(Clone)]機能を用いることによってかなりの時間が節約できます。最初の間仕切り壁(Wall Partition)を作成し、正しい材料タイプを設定してから、オブジェクトを複製し、「複製された」間仕切りを次の間仕切り壁の位置とサイズに合わせて移動およびサイズ変更することができます。これにより、「複製された」オブジェクトの設定および材料タイプに関連する時間が節約されます。また、1つまたは複数の位置および/またはサイズのパラメータが直前のオブジェクトと同じであることがよくあります。同様に、窓も複製し、壁に沿って適切にサイズを設定し、配置することができます。オブジェクトを複製するとき、複製は「親」オブジェクトと同じ位置および同じサイズで作成されます。複製および親オブジェクトは両方とも、それらが「重なり合っている」オブジェクトであることを示すために、端部が点線が表示されます(ワイヤーフレームビューモード)。

以下のオブジェクトは、複数の部屋のシミュレーションシナリオの形状を定義します。

窓(大きい室内):

低(low)-zの壁上の**通気孔(VENT)**($x=3.3, y=1.0$)。サイズは($dx=1.5, dy=2.0$)。

窓(細長い室内):

低-zの壁上の**通気孔(VENT)**($x=6.7, y=1.0$)。サイズは($dx=1.0, dy=2.0$)。

窓(細長い室内):

低(low)-zの壁上の**通気孔(VENT)**($x=11.1, y=1.0$)。サイズは($dx=1.0, dy=2.0$)。

出入口(Doorway)(細長い室内):

低(low)-zの壁上の**通気孔(VENT)**($x=14.0, y=0.0$)。サイズは($dx=1.2, dy=2.5$)。

間仕切り壁(Partition Wall)(大きい部屋の壁):

($x=6.0, y=0.0, z=0.0$)における**障害物(OBSTACLE)**。サイズは($dx=0.2, dy=4.0, dz=9.0$)。材料=れんが。

出入口(Doorway)(大きい部屋の壁):

($x=6.0, y=0.0, z=3.2$)における**入口(PORTAL)**。サイズは($dx=0.2, dy=2.5, dz=2.5$)。

間仕切り壁(細長い部屋の壁):

($x=6.2, y=0.0, z=3.0$)における**障害物(OBSTACLE)**。サイズは($dx=11.0, dy=4.0, dz=0.2$)。材料=れんが。

出入口(Doorway)(大きい部屋の壁):

($x=6.2, y=0.0, z=3.0$)における**障害物(OBSTACLE)**。サイズは($dx=2.0, dy=2.5, dz=0.2$)。

間仕切り壁(火災に最も近い小さい部屋の壁):

($x=8.2, y=0.0, z=5.9$)における**障害物(OBSTACLE)**。サイズは($dx=0.2, dy=4.0, dz=3.1$)。材料=れんが。

出入口(火災に最も近い小さい部屋の出入口):($x=8.2, y=0.0, z=8.0$)における**障害物(OBSTACLE)**。サイズは($dx=0.2, dy=2.5, dz=1.0$)。

間仕切り壁(二つの小さい部屋に通じる廊下の端の壁):

($x=8.2, y=0.0, z=5.7$)における**障害物(OBSTACLE)**。サイズは($dx=9.0, dy=4.0, dz=0.2$)。材料=れんが。

出入口(火災から最も遠い):

($x=16.0, y=0.0, z=5.7$)における**入口(PORTAL)**。サイズは($dx=1.2, dy=2.5, dz=0.2$)。

間仕切り壁(小さい部屋の間の壁):

($x=12.6, y=0.0, z=5.9$)における**障害物(OBSTACLE)**。サイズは($dx=0.2, dy=4.0, dz=3.1$)。材料=れんが。

火災(Fire):

($x=6.7, y=0.0, z=7.0$)における**単純火災**。サイズは($dx=1.0, dy=1.0, dz=1.0$)。エキスパート熱。A=150、B=0.0、C=0.1285、D=0.0およびE=0.0、ならびに開始時間(Start_time)=0.0秒および終了時間(End_time)=120.0秒による放熱曲線。T=120秒において2000kWの最大放熱量を示します。

モニターグラフ:

($x=0.0, y=1.8, z=8.5$)における**モニター線**。サイズは($dx=17.2, dy=0.2, dz=0.2$)。方向(Direction)=x軸変数=X_座標(COORD)およびy軸変数=温度(TEMPERATURE)を伴う=X方向。

障害物(OBSTACLE)オブジェクトは、以下のように定義されます:

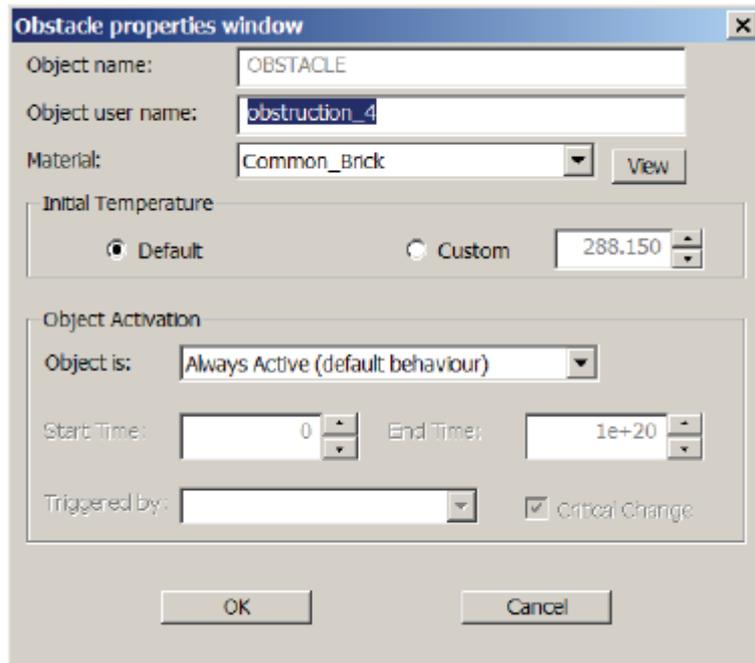


図25-38 シミュレーションシナリオで用いる障害物プロパティ。

単純火災 (SIMPLE FIRE) オブジェクトは、以下のように定義されます。

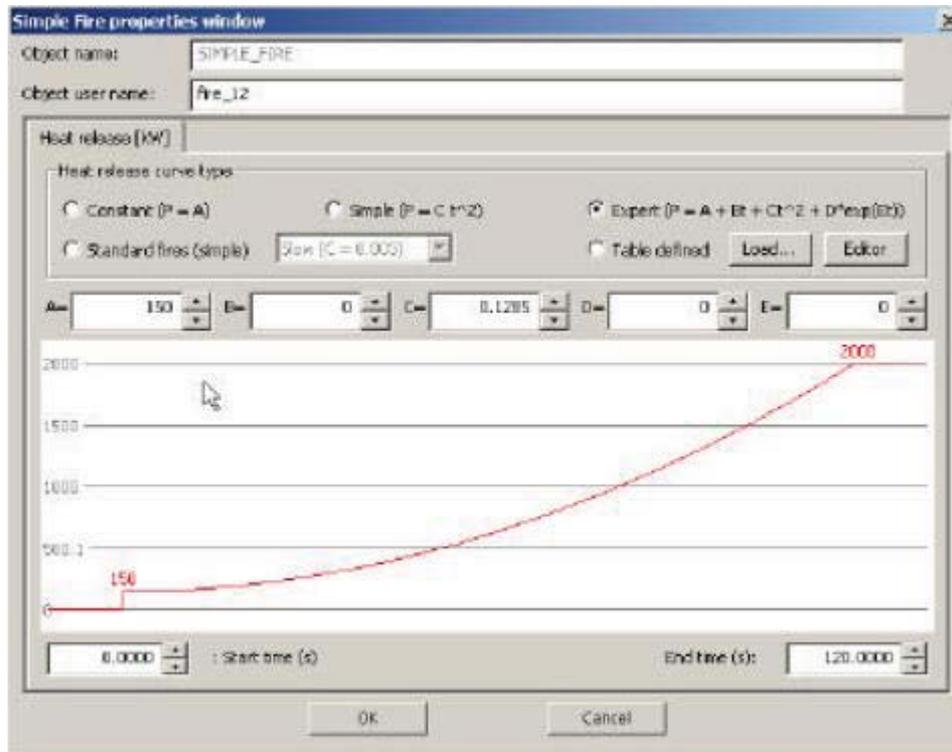


図25-39 火災の設定を示している単純火災 (Simple Fire) プロパティウィンドウ。

モニター線 (MONITOR LINE) オブジェクトは、以下のように定義されます。

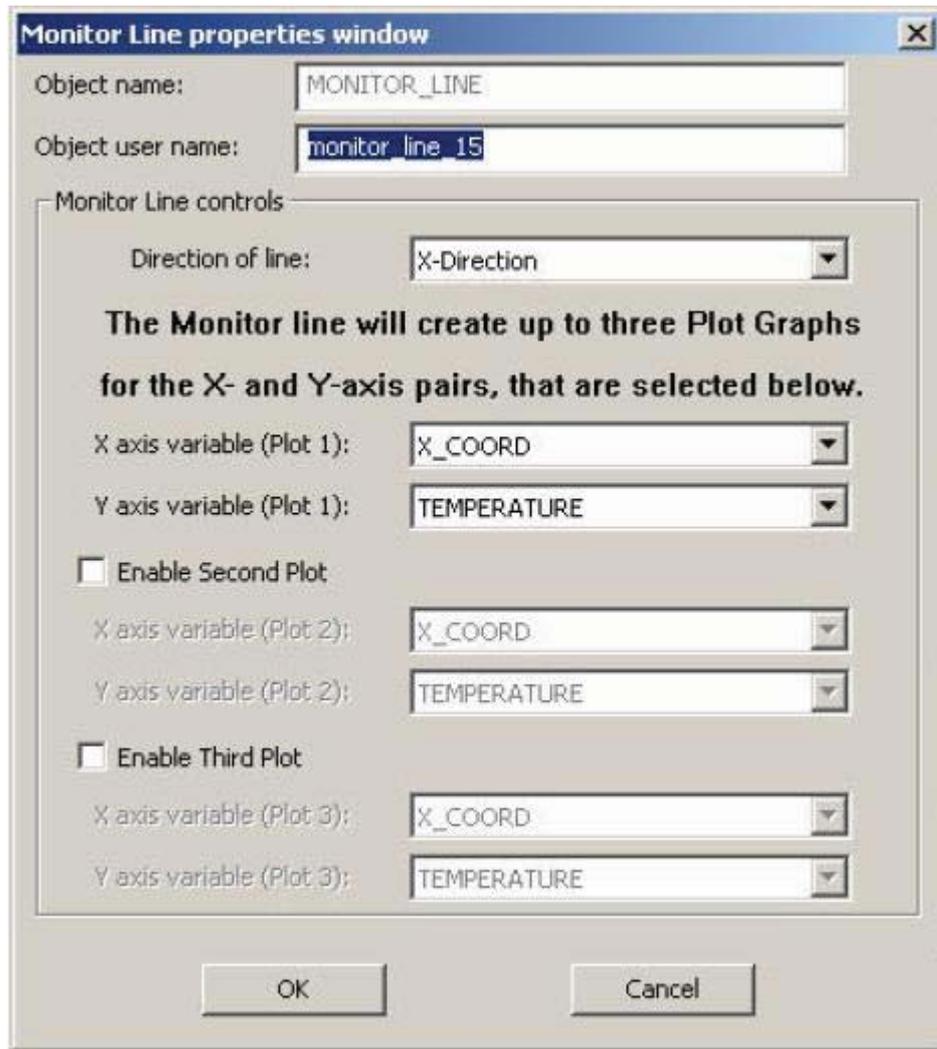


図25-40 設定を示しているモニター線(Monitor Line)プロパティウィンドウ。

すべての形状オブジェクトの作成、配置、および正確なサイズ設定をおこなうと、形状ディスプレイは以下のように表示されるはずです。

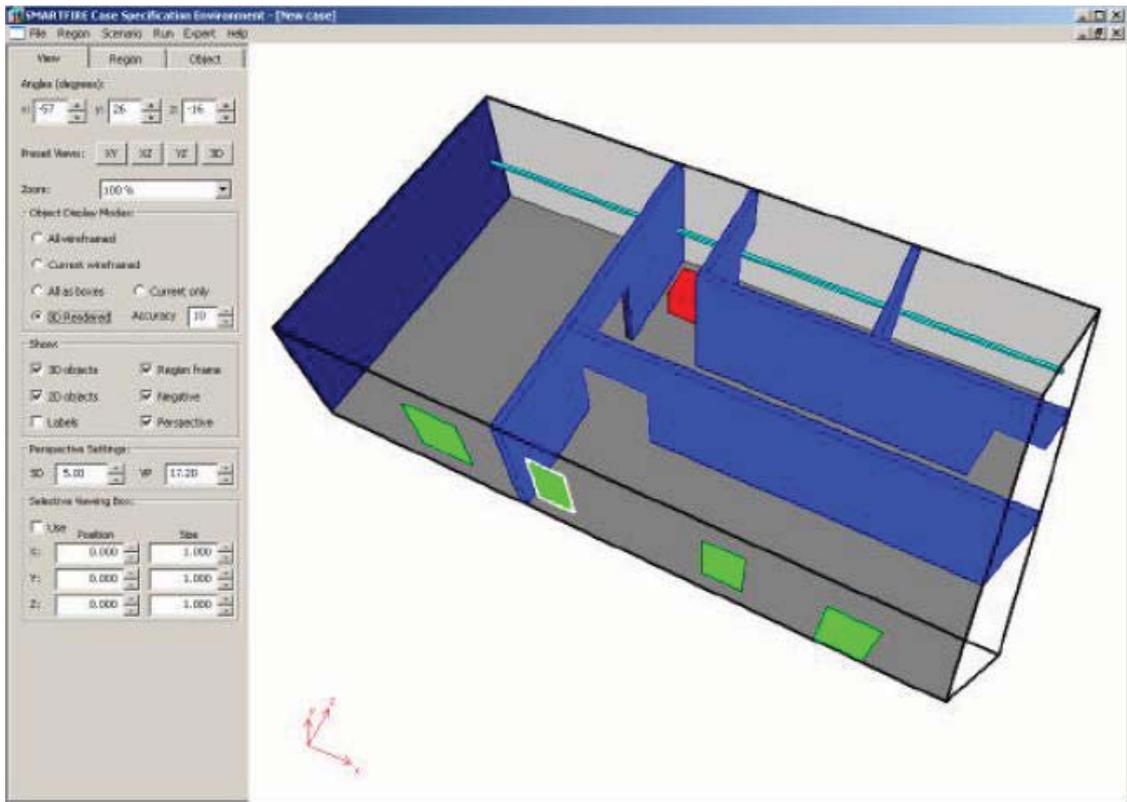


図25-41 窓、壁、火災、およびモニター線を示しているレンダリングされた3D形状のパースペクティブ。

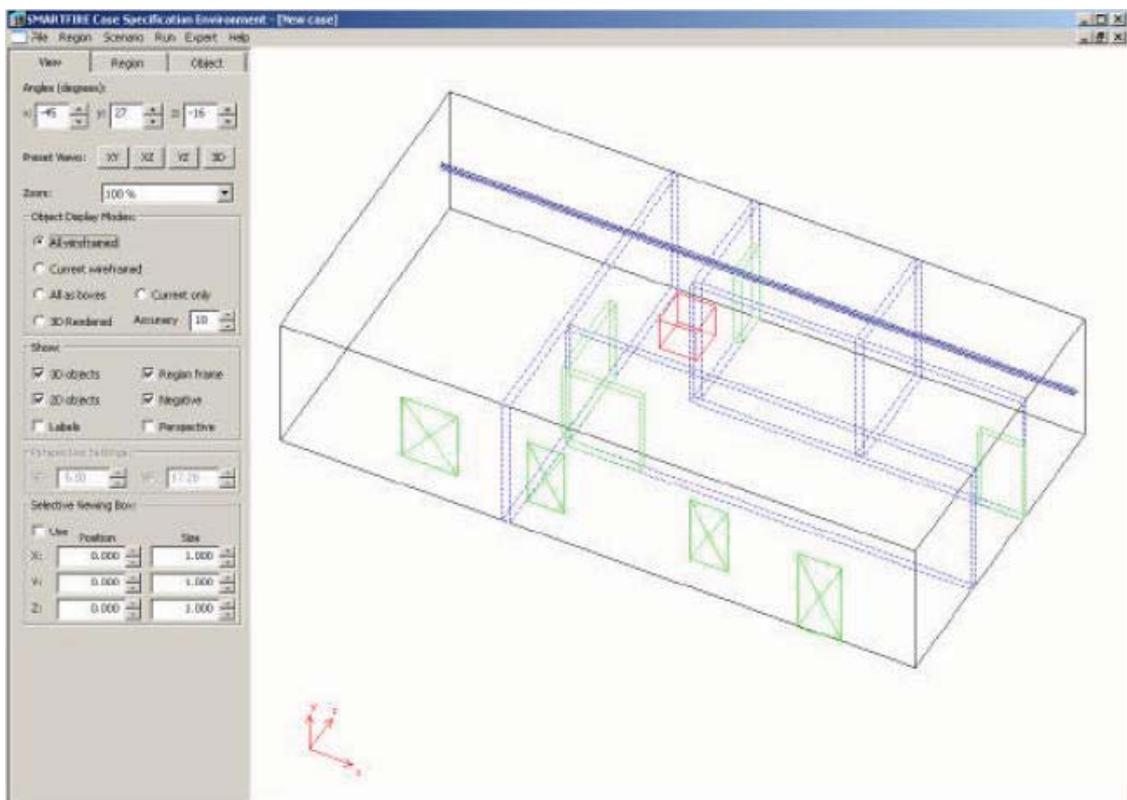


図25-42 ワイヤーフレイムモードで示された形状。

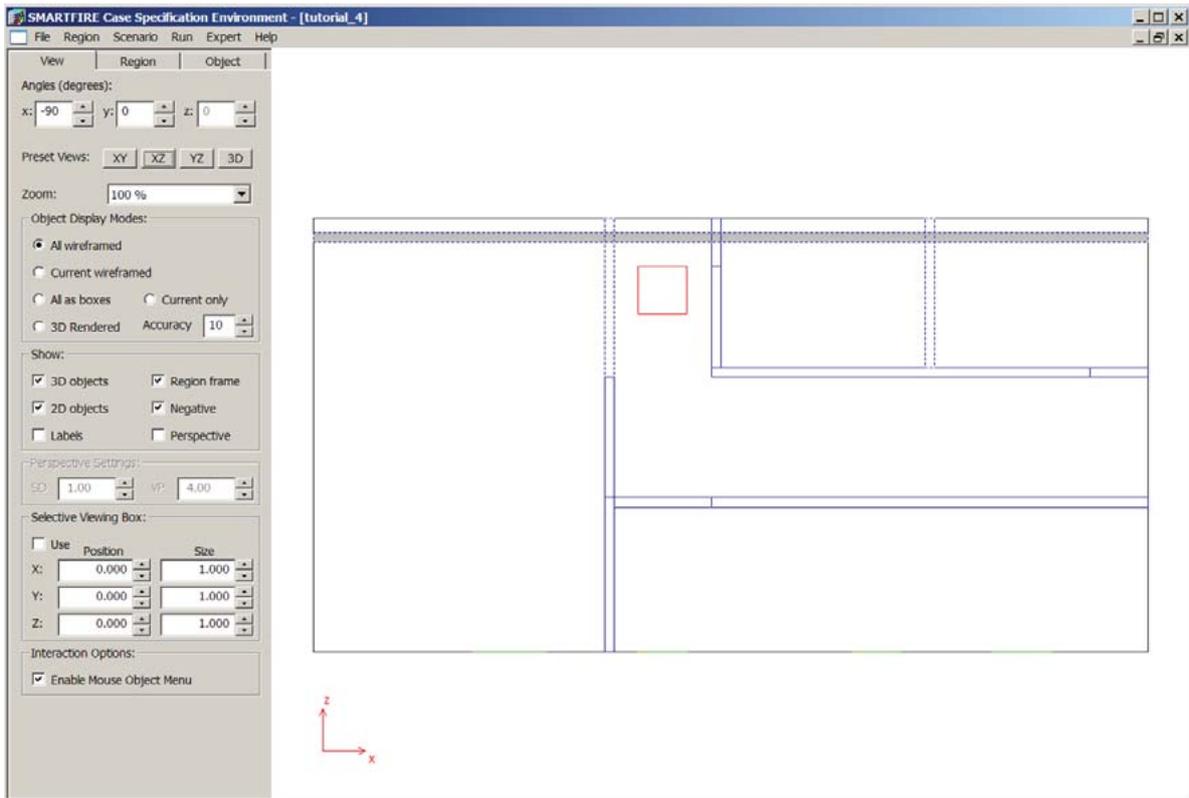


図25-43 形状の平面図(XZ)表示。

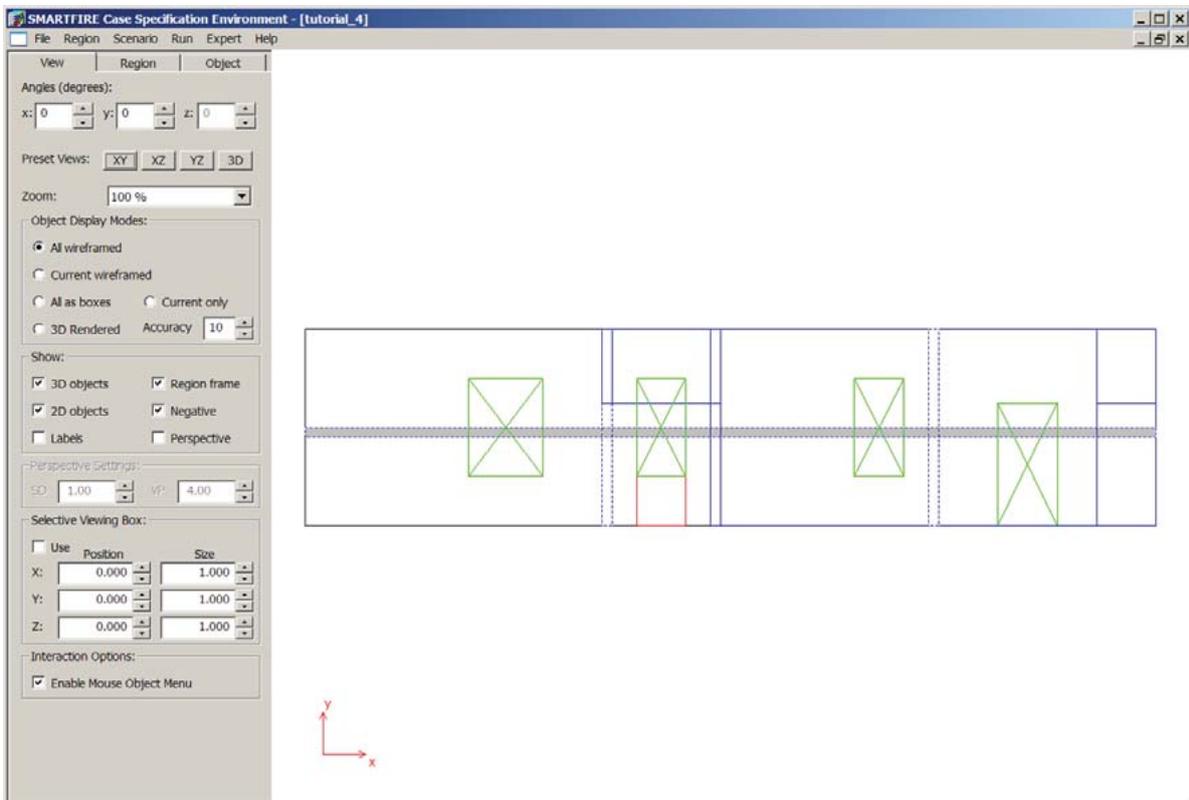


図25-44 形状を示している側面図(XY)表示。

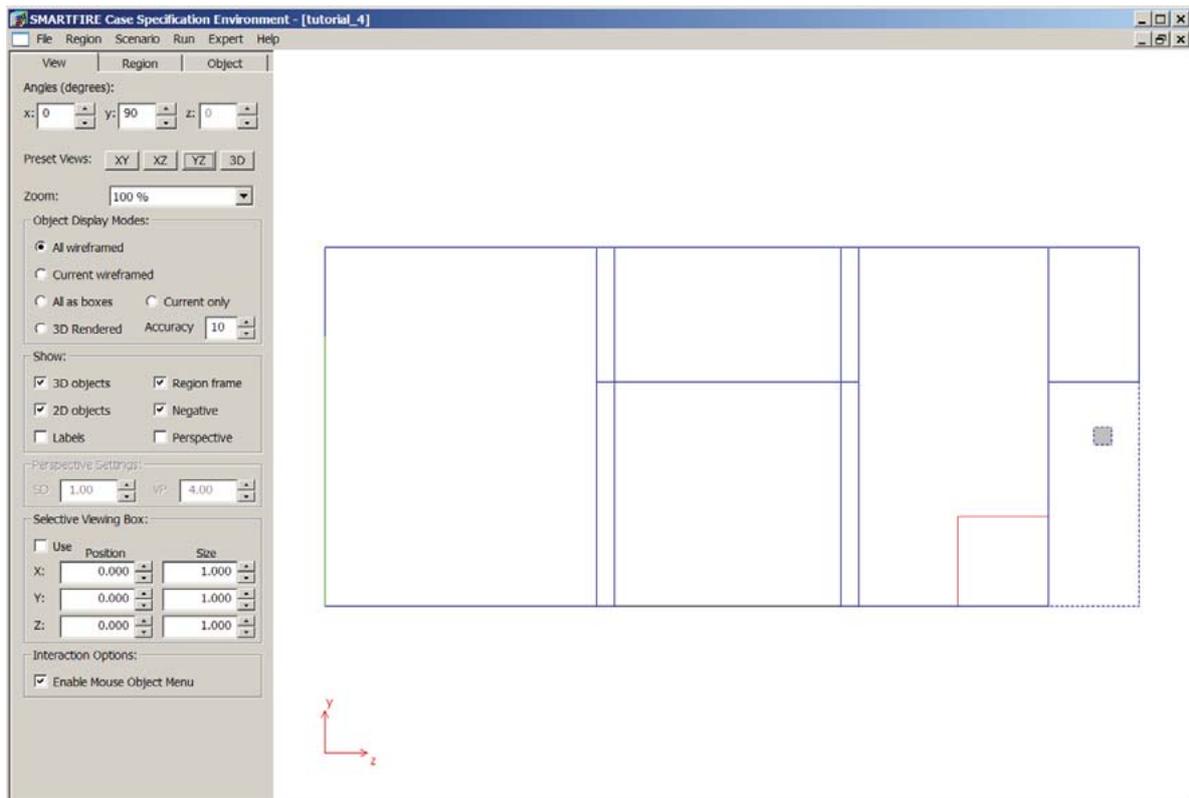


図25-45 形状を示している端面図(YZ)表示。

形状をメッシュ化する前に、最後に取り組む項目があります。デフォルトのメッシュ生成コントロールは、適切な結果が得られるように、すべてのシミュレーションケースについて十分に洗練されたメッシュが生成されていることを想定しています。これは通常の利用に関しては適切な想定条件ですが、このチュートリアルに関しては、いくつかのメッシュ生成ルールを非アクティブ化してコースメッシュの作成を可能にすることが推奨されます。メッシュ生成コントロールおよびパラメータにアクセスするには、メインメニューの[シナリオ(Scenario)]および[メッシュ生成コントロール(Controls)]を選択します。メッシュ生成コントロールパラメータ(Meshing Control Parameters)ウィンドウは、以下のように表示されます。

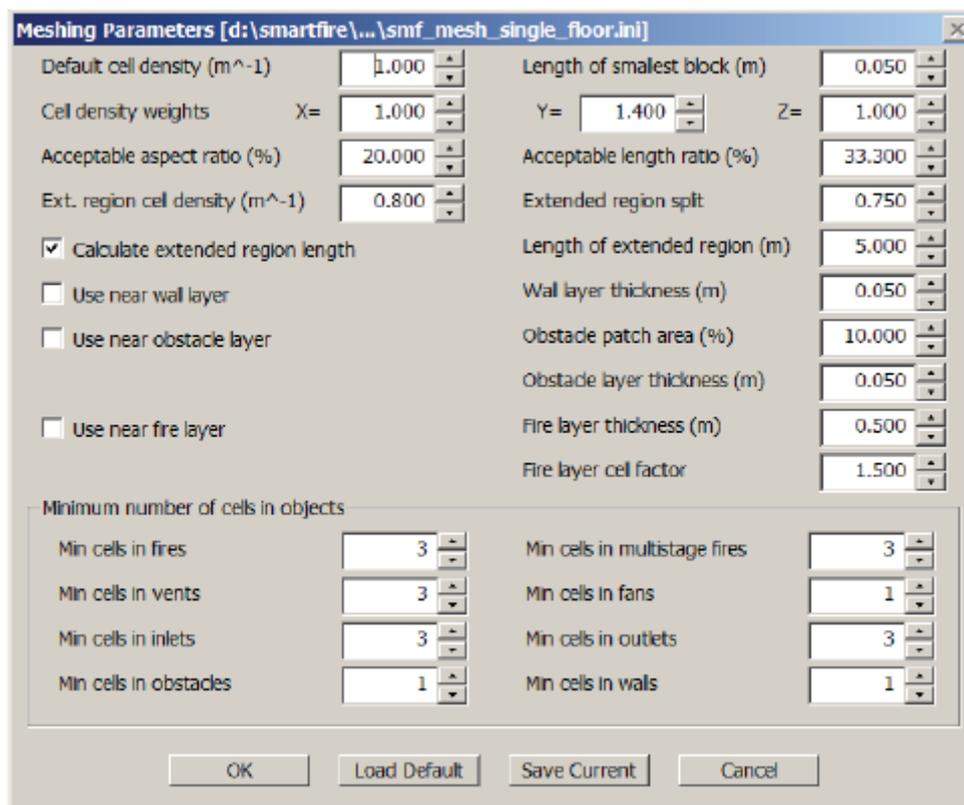


図25-46 メッシュ生成コントロールパラメータ(Meshing Control Parameters)ウィンドウ。

メッシュ生成システムがさらに均一なコース(course)メッシュを作成できるようにするには、オブジェクトの周囲の薄いレイヤ作成を無効にすることが推奨されます。チェックをはずさなければならないチェックボックスは、[壁付近のレイヤを使用(Use near wall layer)]、[障害物付近のレイヤの使用(Use near obstacle layer)]、および[火災付近のレイヤの使用(Use near fire layer)]です。そのほかのすべてのオプションは、デフォルトの設定のままにしておくことができます。[現在状態を保存(Save Current)]ボタンを押してはなりません。なぜならこれは、Smartfire環境が実行されているときはいつでも使えるように、現在のメッシュ生成パラメータをサポートファイル内に保存するからです。変更後のコントロール設定を用いて継続するには、単純に[OK]を選択します。

25.5.3 ステップ 2: シミュレーション用のメッシュを作成する

ケースの形状および物理特性の処理に満足したら、メッシュ作成システムを実行する必要があります。メインメニューからメッシュ自動生成ツールを実行するには、[実行(Run)]オプションおよび[メッシュの作成(Create Mesh)]を順に選択します。メッシュ作成ツールのユーザーインターフェースが開きます。メッシュ自動生成ツールはまず、現在の形状に関して、以前に作成された既存のメッシュがあるか否かを判断します。利用可能なものがある場合は、既存のメッシュを読み込むか、あるいは新規のメッシュを作成するかのオプションが与えられます。利用可能な既存のメッシュがないか、あるいはユーザーが新規のメッシュを作成すると想定します。

メッシュ生成ツールは、解決する必要がある形状あるいはモデリングの問題の有無をチェックします。なんらかの問題がある場合、このシステムはユーザーに対し、適切な解決操作を選択するよう求めます。たとえば、システムは前述した形状におけるオブジェクトの重なりを検出します(モニター線はいくつかの壁および入口と障害物との重なりを通過して、範囲の端から端まで延長するため、壁とモニター線オブジェクトは重なり合いま

す)。しかし、この重なりは無害であるため、メッシュ生成を妨げません。したがって、ユーザーはこのケースに関する重なりを無視することを選択できます。

システムはまた、拡張された範囲に関する要件を分析します。基本的に、拡張された範囲は、通気孔 (VENT) オブジェクト (形状の低XY壁におけるドアおよび窓) に必要な外側部分になります。表面に複数の通気孔がある場合は、表面全体でただ1つの拡張範囲だけが必要になります。システムは、必要かつ推奨される拡張範囲の作成を示す選択ウィンドウを表示します。システムは、通気孔が隣接した表面に近接しているときは、いくつかの隣接した表面に関しても範囲の拡張を推奨することがあります。これがなぜ必要かという、拡張範囲の外側部分に適用される自由表面パッチは、実際には通気孔からかなり離れたところに適用される理想化された境界条件であるからです。実際は、4-10mの範囲の分離を許容します。それにより、許容範囲内のシミュレーション挙動が示されるからです。現在のシナリオでは、拡張された範囲が1つだけあります。ユーザーは、追加的な拡張範囲を作成することなく、この選択を確定します。拡張範囲の追加 (Additional Extended Regions) ウィンドウは、以下のように表示されます。

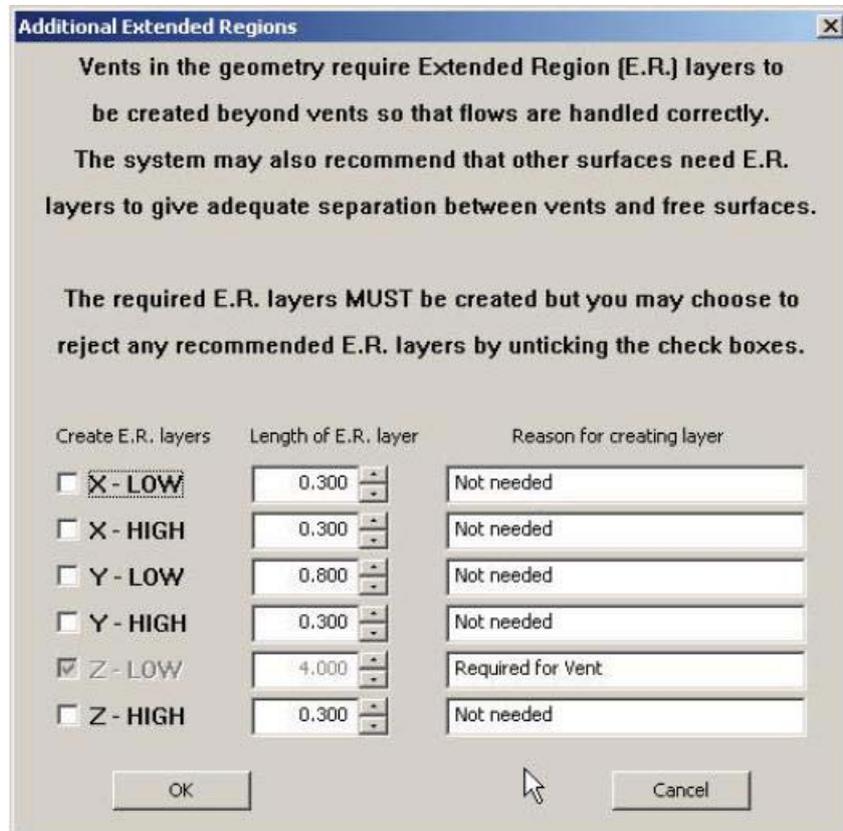


図25-47 拡張範囲の作成に関するオプションを示しているウィンドウ。

形状およびモデリングの問題がすべて解決されたら、メッシュ生成システムは、形状を分析し、セル割当てウィンドウを表示します。このウィンドウには、メッシュ自動生成システムの推奨セル割当て数が含まれ、それぞれ座標方向に関する、ユーザーが選択できる個別のセル割当て数が示されます。このケースは、コースメッシュとしてメッシュ化することが推奨されます。(通常、ケースが正確に指定され、すべての物理特性および数値が期待どおりに振舞うことをチェックするための適切なオプションです)。残念ながら、コースメッシュに関しては、メッシュ生成システムできわめて均一なメッシュを作成するには困難が伴います。セル割当て (Cell Budget) ウィンドウは、以下のように表示されます。

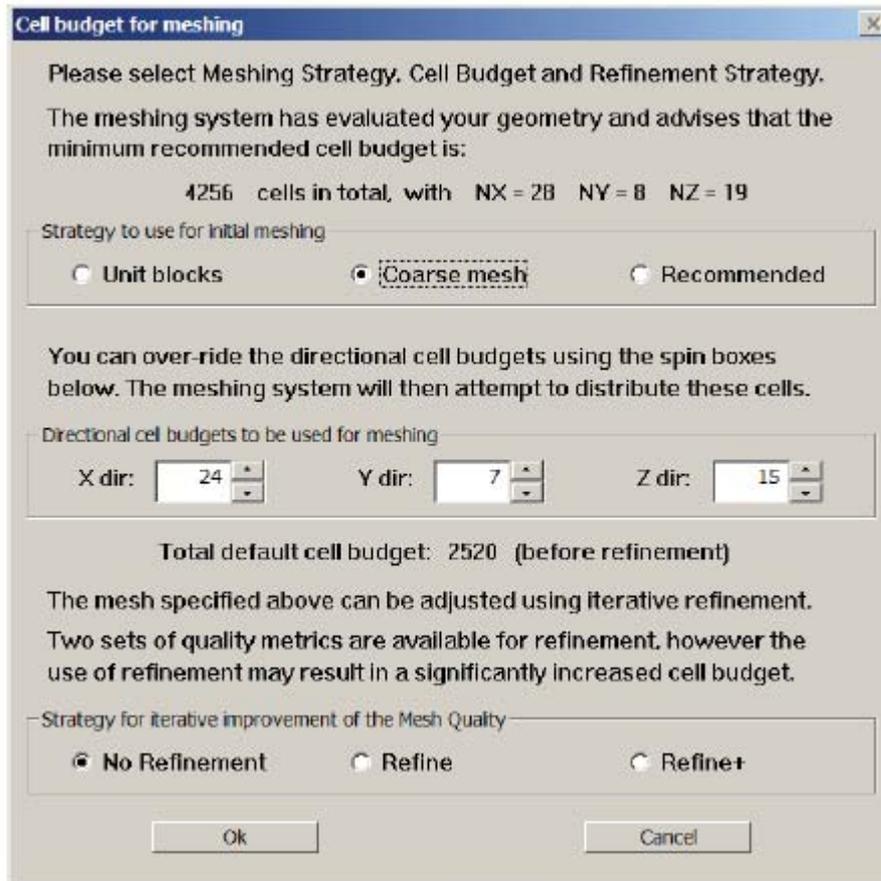


図25-48 メッシュ生成のためのセル割当て。

コースメッシュを用いた最初のメッシュ生成の試みは、以下のように表示されます。

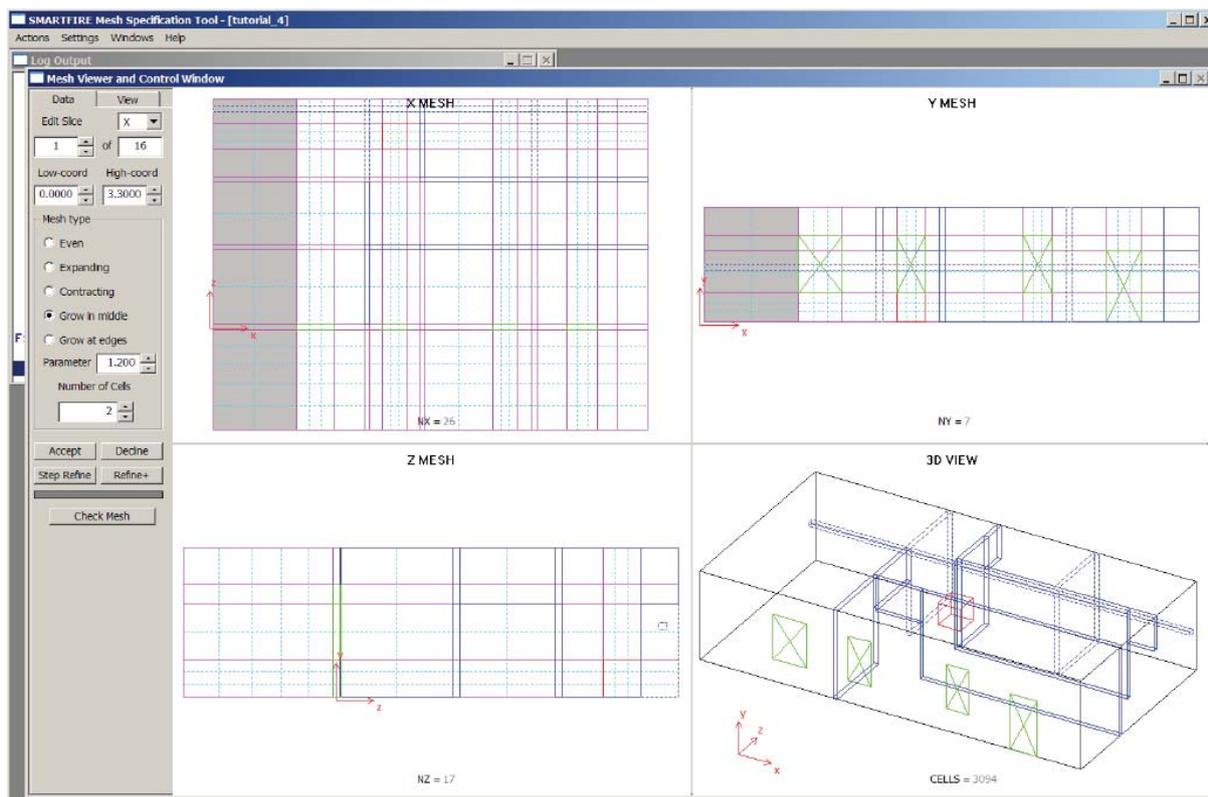


図25-49 自動メッシュ生成システムによる最初のコースメッシュ。

その形状が正しく、すべてのイベントが、必要に応じてうまく作動しているか(過渡的な動作の一時的なシミュレーションに対して)をチェックするクイックテストが可能ですが、このメッシュは製品実行には適用されません。均一で、細分化されたメッシュを作成するには、メッシュ部分のセルの数を増やす必要があります。細分化する部分を強調するためメッシュウインドウを選択し、その部分でセルの数を増やすためセルの数を増やして、手作業で行なわれます。代わりに、[Refine+]ラベルボタンは、メッシュの品質が受容できるくらいになるまで、対話形式にセルを形状部分に挿入するよう使われます(あるいはセル割り当てがターゲットハードウェアに対して大きすぎる)。自動的に細分化されたメッシュが更に改善できるエリアを持っていたとしても、それ以上の修正が必要であるかどうかを見るために、視覚的にメッシュをチェックすることが重要です。

どのシミュレーションに関しても、絶対に正しいメッシュはありません。ユーザーは経験を通じて、最終的にセルをいつ、どこで改良する必要があるかの知識を獲得します。一般的に、メッシュを改良するとき以下の点を考慮します。

- (1) 火災は浮揚性の高い煙流を生成しますが、障害物の周囲で空気が同伴、すなわち一緒に運ばれるため、周辺に曲がることもあります。煙流に可能な限り多くの自由度を与えるために、火災付近で追加的なセルを提供することは良い方法です
- (2) 通気孔は、さらに高速の流れが通過する可能性が高いため、通気孔の高さと幅にわたって可能な限り多数のセルを持つことにより便益が生じます。
- (3) 浮揚性の煙流が天井(あるいは壁に影響を与えるところでは、天井ジェット)において煙流の回転を考慮するために、可能な限り多数のセルをもたせる必要があります。
- (4) 隣接したメッシュセルのサイズが大きく異なるのは、適切ではありません。
- (5) 平らに押しつぶされた(あるいは細長い)メッシュセルを含むのは、適切ではありません。

自動改良後([Refine+])を使用)、メッシュは次のように表示されます：

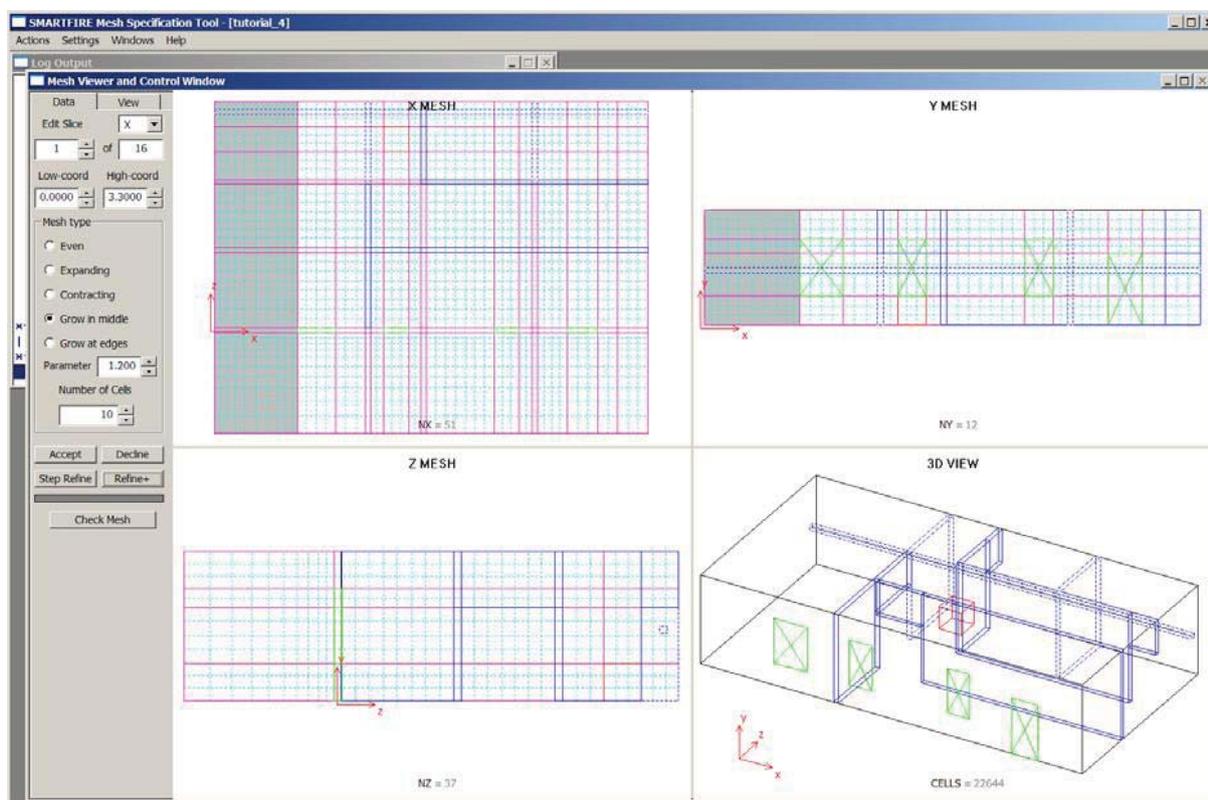


図25-50 手で編集され、改良されたメッシュ。

セル割り当ては最初のコースメッシュの試みから劇的に増加していますが、精製されたメッシュが3つの座標方向すべてに広がることに注意してください。メッシュの用意ができており、シミュレーションごとに保存できます。[Accept]ボタンを押すと、閉じてコントロールするツールを自動的にメッシュし、そしてSMARTFIREケース仕様環境に戻ります。

25.5.4 ステップ 3: CFD エンジンを実行する

最後の段階では、SMARTFIREのCFDエンジンコンポーネントを用いて、数値シミュレーション自体を実行します。CFDエンジンを実行するには、メインメニュー項目[実行(Run)]および、[CFDエンジンの実行(Run CFD Engine)]オプションを順に選択します。数値CFDエンジンが起動し、ケース指定および作成したばかりのメッシュを自動的に読み込みます。この段階はかなりの量のファイル解析、メモリ割当て、および初期化を伴うため、少し忍耐が必要なことがあります。最終的に、CFDエンジンに関するユーザーインターフェースが完全に表示されます。低い解像度のディスプレイを使っている場合(1024x768ピクセルで)、使いやすいディスプレイを作成するべく、CFDエンジンのユーザーインターフェースはコンパクトなウィンドウや多様なレイアウト(例えば、初めに閉じたウィンドウをもっとたくさん開けるなど)で表示されます。

CFDエンジンがデータを読み込み、必要な初期化をすべて実行したら、未処理のシミュレーションケースのビューとともに、ユーザーインターフェースが表示されます。初期のCFDエンジン表示は、以下のように表示されます。

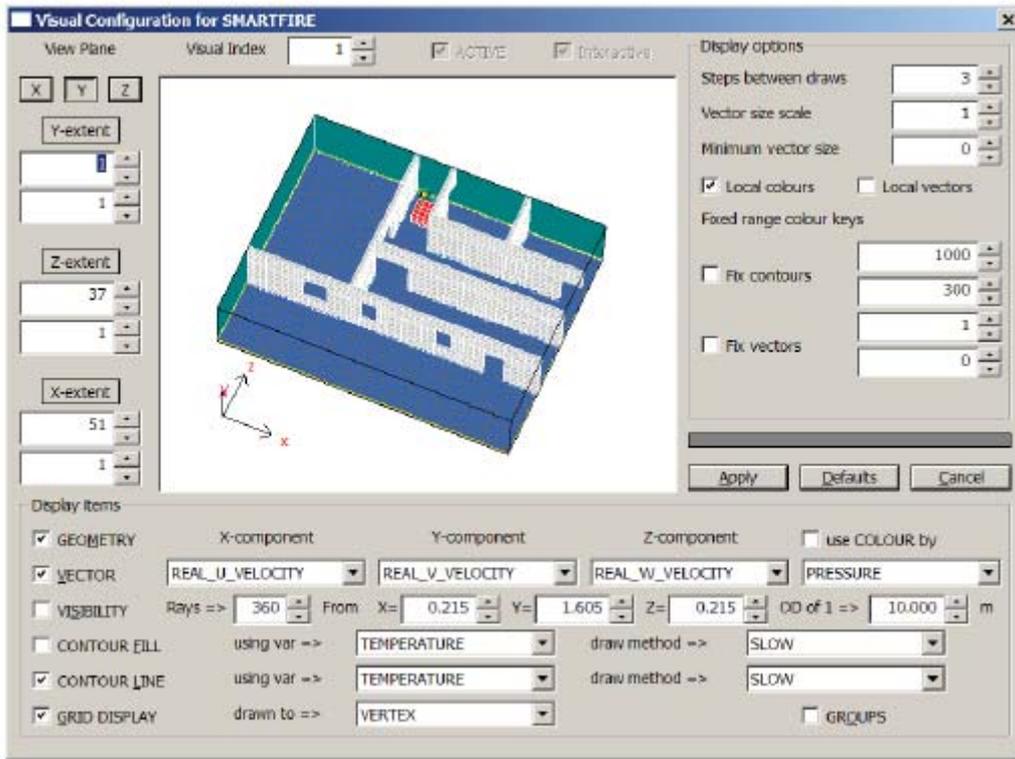


図25-52 表示するための最も低いY-レイヤのセルを選択しているビジュアル設定 (Visual Configuration)。

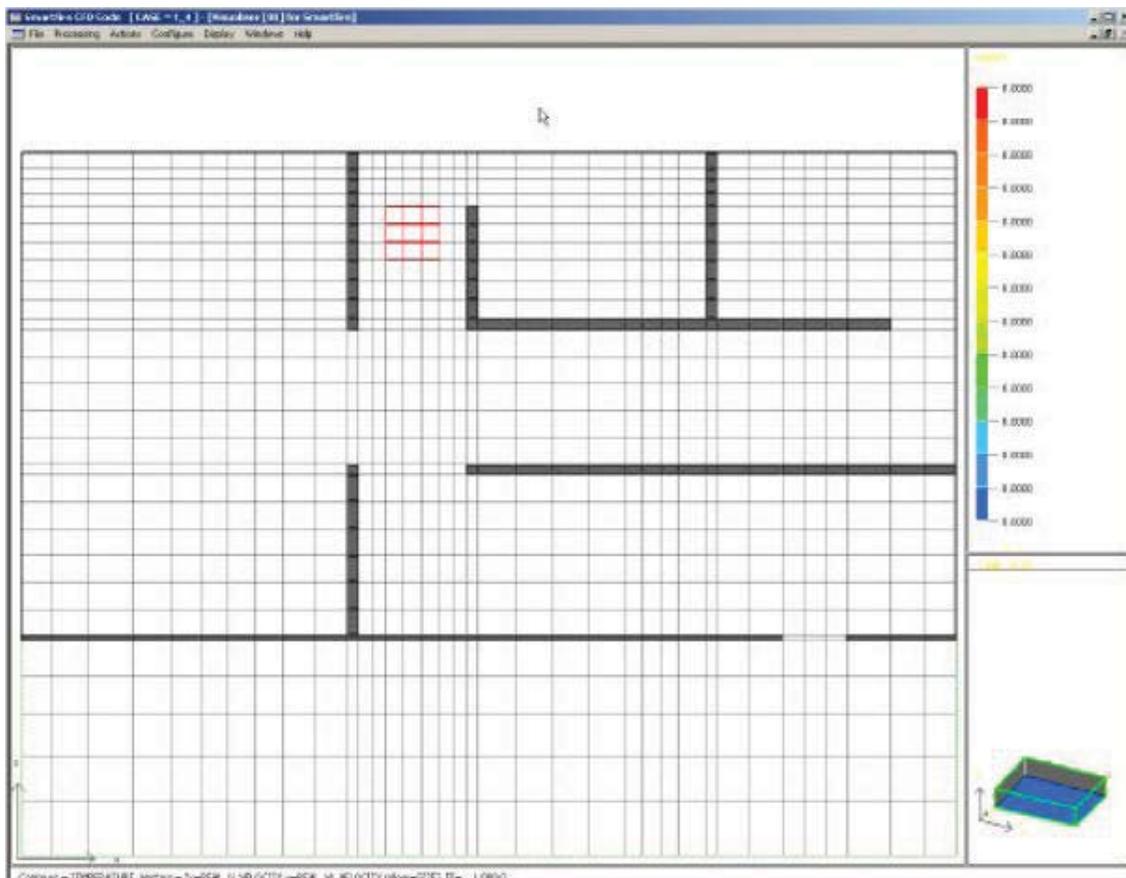


図25-53 火災位置を示している、セルの最も低いY-スライスの可視化。

X=22スライス(使われたメッシュに依存するのでこれが火の中心であることをチェックしてください)ビジュア

ルディスプレイがユーザインタフェースで現われます。

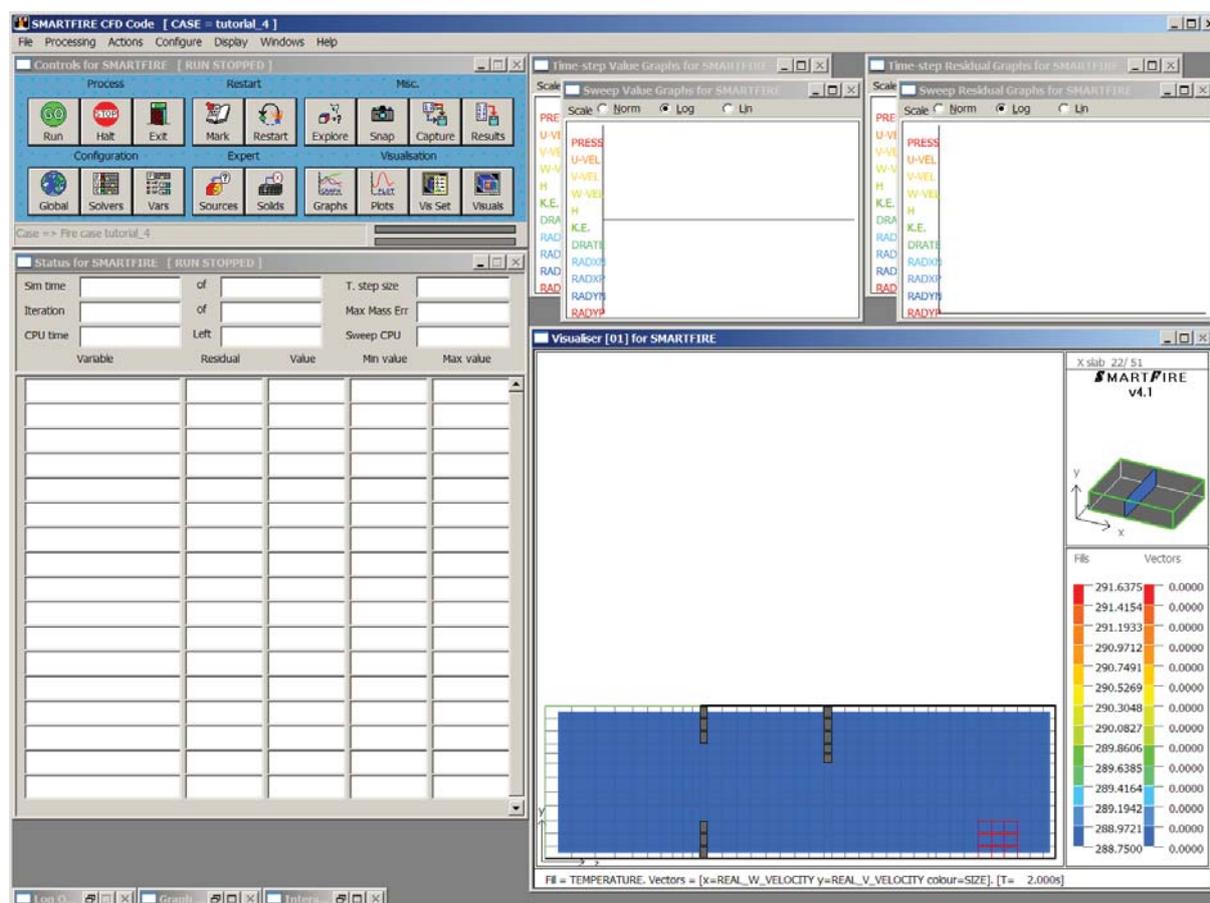


図25-54 火災を貫通するさらに興味深いビジュアルスライス面を選択した後のSMARTFIREユーザインタフェース。

ビジュアル設定ウィンドウは、ビジュアライザに表示されている機能を変更するために利用することもできます。上の画像において、「温度 (TEMPERATURE)」の[コンタ塗りつぶし (Contour Fill)]オプションが起動されています。これは、特に同じ表示において速度のベクトルを用いる場合、これにより火災面において温度がいつでも明確に表現されるからです。

シミュレーションを始める前に、シミュレーションからのデータキャプチャの形式および頻度を考慮する価値があります。特定の時間における状況がどのようなものかを見たいだけの場合は、必要なシミュレーション時間に到達するまでシミュレーションを実行すればよいことです。このシナリオでは、これらの状況がいつ起きるかわかっていません。したがって、いつ一定の状況が発生したかを解析するために十分なデータを保存することが必要です。ユーザーは、メインメニューから[設定 (Configure)]メニューを開き、[データキャプチャ (Data Capture)]を選択します。データキャプチャ設定 (Data Capture Configuration)メニューが表示され、シミュレーションの実行中(および終了時)に保存されるデータの頻度および特性を定めることができます。このシミュレーションで、ユーザーはそれぞれの時間ステップの終了時に結果、グラフ、およびビジュアルを保存することが推奨されます。この設定をおこなうには、メニューの「自動一過性アウトプット (Automatic Transient Outputs)」セクションで適切なチェックボックスをチェックします。

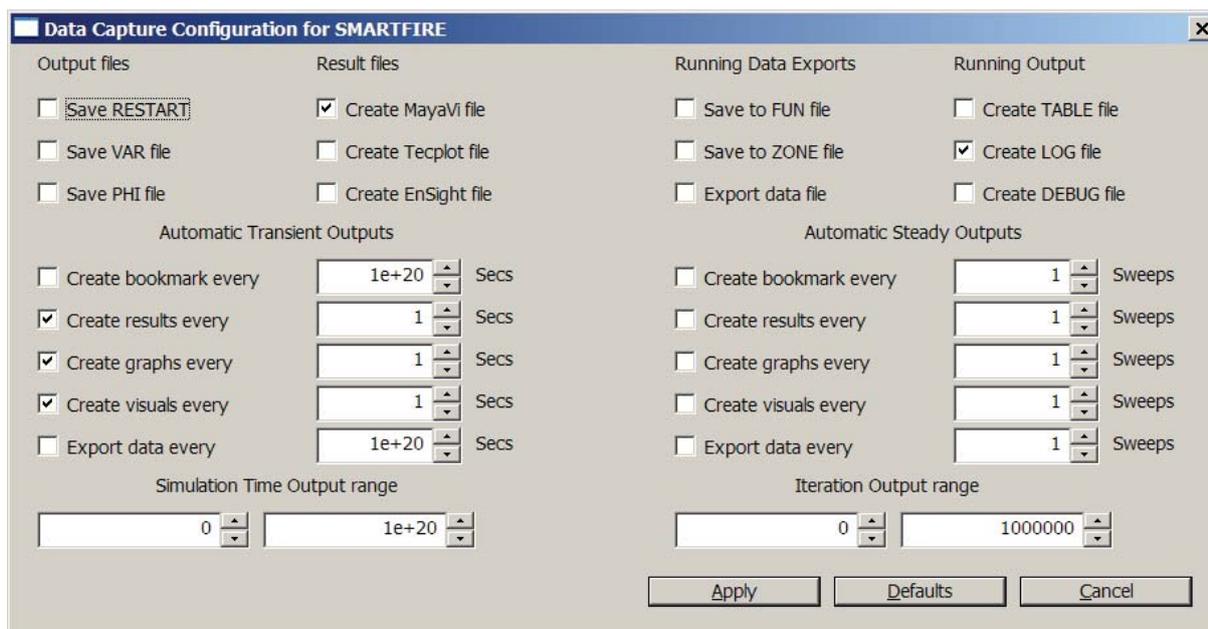


図25-55 データキャプチャ設定 (Data Capture Configuration) メニュー。

すべての項目を設定したら、シミュレーションシナリオのプロセスを開始することができます。

数値シミュレーションを始動させるには、緑(「進む(GO)」)のアイコンが付いた[実行(Run)]ボタンを押します。そうすると、シミュレーションプロセスが始動します。任意の時間にシミュレーションを停止するには、赤(「止まる(STOP)」)アイコンが付いた[一時停止(Halt)]ボタンを押します。また、任意のポイントにおいてシミュレーションを終了させるには、[終了(Exit)]ボタン(小さいダイアのアイコン)を押します。専門家がソリューションプロセスの設定を細かくコントロールできるように、そのほかいくつかのボタンおよびコントロールがあります。ただし、専門家以外の方は、ユーザーガイドで推奨されないかぎり、コントロール設定を変更することは推奨されません。

ユーザーインターフェースのグラフィカルウィンドウは、シミュレーションプロセスの実行中に、データおよびシミュレーションのステータスのさまざまなビューを表示します。調べる項目は以下のとおりです。

- 1) 数値シミュレーションプロセスにおける解決および計算された変数の収束を示す残差グラフ(右上)。
- 2) さまざまな重要な変数のモニター値および変数残差(現在のソリューションエラー状況)がステータスウィンドウに表示されます(左下)。
- 3) 特定の選択された部屋のスライスに関して発生しているベクトル流および温度コンタのパターンがビジュアライザウィンドウに表示されます(右下)。これでSMARTFIREは、それぞれ完全に独立したビューおよび表示選択項目を含んでいる複数の可視化ウィンドウを維持することが可能です。
- 4) それぞれの変数に関するデータ分布範囲がステータスウィンドウに表示されます(左下)。
- 5) コントロールウィンドウの右下(可視化ボタンの下)に進行状況表示バーがあります。これらのバーは、ソリューションの進行状況を示します。上のバーは1回のスイープごとに満たされ、下のバーは、設定されたシミュレーション全体が完了すると満たされます(左上)。
- 6) ステータスウィンドウには、現在の処理段階を示すスイープ数および時間ステップ数(一過性のシミュレーションのみ)を表示するディスプレイがあります。(左下)。
- 7) ステータスウィンドウは、これまでに費やした、および残りの推定CPU時間を示します。これらは推定にしすぎませんが、シミュレーションの予想継続時間の適切な概算が得られます。(左下)。

- 8) *SMARTFIRE*の重要な機能は、ブックマークを保存し、保存したブックマークからいつでも再起動できるアクセスです。[マーク(Mark)]という名のコントロールボタンは、このケースに関するデータベースに、ソリューションの現段階のブックマークをドロップします。[再起動(Restart)]ボタンを用いると、以前のブックマークの状態が読み込まれ、その後のプロセスはなかったものとされます。これは、エキスパートソリューションコントロールを必要とする問題のあるシミュレーションや、あるいは単純に、将来検討用のデータ保存の際にきわめて貴重です。(左上)。
- 9) [プロット(Plots)]という名のコントロールボタンを用いると、データから線グラフを定義することができます。これらの線グラフは、ソリューションが進行するにつれて更新されます(左上)。形状指定において作成されたモニター線を表す1つのプロット(Plot)ウィンドウが表示可能になります。

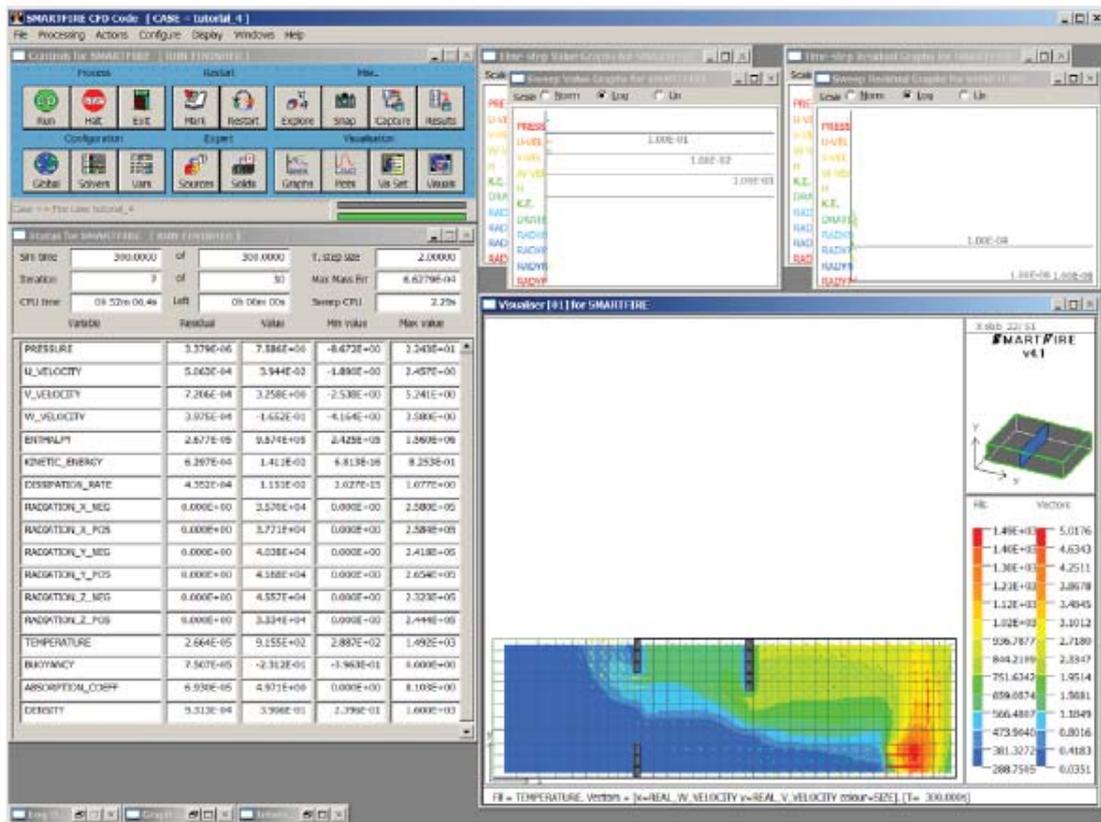


図25-56 シミュレーションの最終段階を示しているSMARTFIREユーザーインターフェース。

25.5.5 ステップ 4: SMARTFIRE の結果を解釈する

このシミュレーションケースがコースメッシュを用いて実行されたという事実は、モデル化されたシナリオの安全限界評価に関して、結果を完全に信頼できないことを意味します。また、完全な収束の保証に関してあまり厳密ではありませんでした(ただし、時間ステップ終了時の収束履歴の簡潔な調査、すなわち時間ステップ残差グラフ(Time Step Residual Graph)は、このコースメッシュシミュレーションに関するほとんどの時間ステップは、適切な収束状態で終了したことを示しています)。ただし、このシナリオによって生じる可能性が高い挙動をよりよく理解するために、シミュレーションの結果やデータを利用することができます。

このシミュレーションの目的は、火災に隣接する部屋が生命を脅かす状態に至るまでのおおよその時間を求めることでした。モデル化されたシナリオで考慮されるのは温度の影響のみで、煙濃度、熱放射や有毒ガス濃

度などの影響は、考慮されていません。ここでもやはり、標準的な人に関する一般的な有害な曝露時間は、180°Cの温度の空気において約1分であると考慮することによって、火災影響のおおよその理解を得ることができます。*SMARTFIRE* CFDエンジンがケルビン絶対温度で温度を計算していることに注意します。これを仮定すると、安全事項に関して、120°Cの限界温度に到達することは、人間の生命に関して危険な状態が始まることを意味します。シミュレーション実行中のいずれの時間に、モニター線の付近で、それぞれの部屋が120°C (393K)以上の温度に達したかを決定するために、モニター線に関するプロットグラフデータを周到にチェックすることができます。

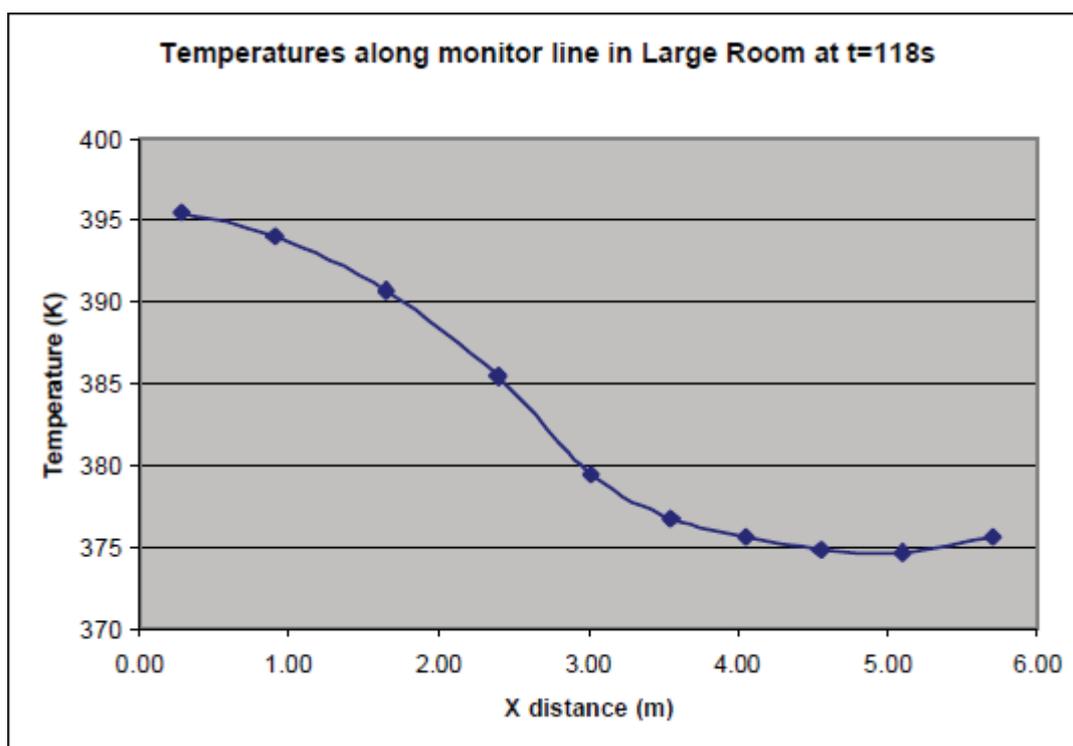


図25-57 t=118秒において、大きい部屋(Large Room)でモニターされた温度のグラフ。

シミュレーションの終了時におけるモニター線プロットグラフの単純な調査によると、モニターされたすべての部屋が500K (i.e.227°C)以上の温度に達していたことがわかります。

保存されたグラフプロットデータをさらに解析すると、以下の時間に限界温度に達することがわかります。

表25-58 モニターされた室内の限界温度の検出時間を示す表。

モニターされた部屋 (Monitored Room)	限界温度 ($T_{critical}$) 以上のセルが 最初にモニターされるまでの時間	限界温度 ($T_{critical}$) 以上のすべて のセルがモニターされるまでの時間
大きい部屋(窓は1つ)	118秒	126秒
火災に最も近い小さい部屋	78秒	106秒
火災から最も遠い小さい部屋	104秒	116秒

額面どおりの値において、これは(危険状態の開始の代表として特定の位置で検出された限界温度の評価にもとづいて)、大きい部屋(Large Room)は、危険状態の開始までに約2分を要し、一方、小さい部屋は、1分を少し回った時に危険状態に遭遇することを意味します。

ここで以下の点に注意が必要です。すなわち、このチュートリアルの目的は、単一火災のモデリングシナリオ

に関する火災安全事項を厳密に研究することではなく、どちらかといえば、可能なシミュレーションの特性およびシミュレーション結果に関してたずねられることがある質問のタイプを示すことです。

25.5.6 ステップ 5: CFD エンジンを終了する

本コードを終了するには、[終了 (Exit)] ボタンを用いて、まず CFD エンジン インターフェースを終了します。正常に終了したときは、*SMARTFIRE* CFD エンジンは、さらなるビジュアルポストプロセッシングに利用できるいくつかのファイルの数を保存します (異常終了の場合は、ファイルはまったく保存されません。この状態は、メインウィンドウの [X] ボタンを押すと発生します)。最後に、CFD エンジン ユーザー インターフェースが閉じ、元の形状設定ツールに戻ります。火災モデリングケースに加えた変更を保存したい場合は、メインメニューから [ファイル (File)] 項目と [保存 (Save)] オプションを順に選択します。

興味深いことに、(完了したシミュレーションに関する) ケースディレクトリには、この演習中に作成された多くのファイルが含まれます。これらのファイルのいくつかは、グラフィカルポストプロセッシングや、このシミュレーションを前回終了時の段階から再起動する場合に利用することができます。またシミュレーション実行中に保存したデータキャプチャファイルも含まれていることがあります。

ここでチュートリアル4を終了します。

25.6 チュートリアル5

25.6.1 概説

本チュートリアルは、チュートリアル4で用いたシナリオを拡張して、(火災に最も近い)小規模の部屋に大型かつ強力なダクト式の抽出ファンを追加します。そのほかすべての形状およびシナリオ指定は、ファンを追加するために必要な形状オブジェクトおよびメッシュの変更を除いて、チュートリアル4と同じです。形状の平面図は以下のとおりです。

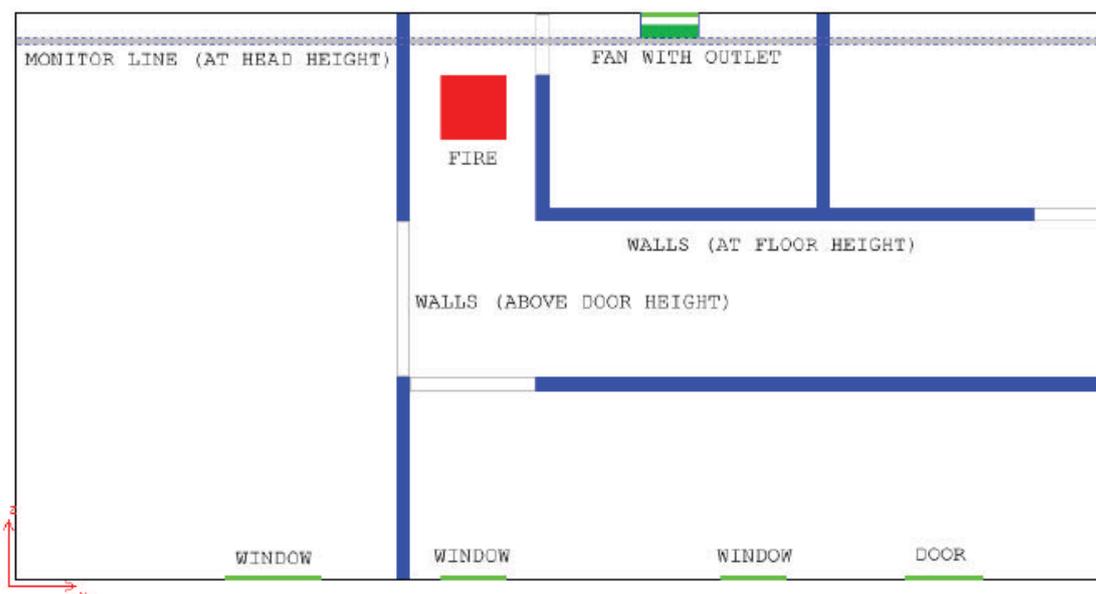


図25-59 部屋のレイアウト形状を示す平面図。

チュートリアル4と同様に、指定を単純化するために、一定の想定条件が以下のとおり設定されました。

- ・ 火災シミュレーションの実行中、部屋はすべてオープンプランであると想定されます。したがって、シミュレーション全体に関して、すべての出入口 (doorways) および窓は全開になっています。
- ・ 廊下の端のドアは、シミュレーションの間中閉じており、十分な強度があるため、それらの構造的整合性に火災が影響を与えることはない想定されています。最も大きい部屋の外壁には実際に窓がありますが、これらはシミュレーションの間中、閉じている(したがってモデル化されていない)と想定されます(実際には、このために拡張範囲追加の要件がなくなるため、シミュレーションの実行速度が速くなります)。もし「閉じた」ウィンドウがそれを壊す状態にあるなら、開口部の可能性で設計される必要があります。さもなければ、窓が常に閉じた状態を課すことはシミュレーションの状態の間違った状態を作成します。
- ・ シミュレーションの実行中、閉じたドアや窓の周囲のわずかな空気漏れは無視されます。また壁を伝わる熱伝達は、そのほかの過程による熱伝達に比較して、無視されます。
- ・ 廊下は、火災の延焼や2次的発火を助長する可能性がある可燃性物質を含んでいないと想定されません。

本ケースの形状をゼロから構築することもできますが、ユーザーはチュートリアル4のために作成した SMARTFIREモデルファイルを実際に読み込み、それを新規のケースとして保存してから、ファンのために必

要なオブジェクトを追加することが推奨されます。

ふたたび、火災は廊下の一方の端に置かれた掃除用トローリーの火災であると想定されます。火災は2分で2MWのピーク放熱率に到達します。火災が廊下で発生し、建物から従来の手段で退出することを妨げるため、我々は実際、出口として使用できる外部出口がない隣接する室内で(およそ頭の高さにおいて)限界温度に達する時間の決定に関心があります。

ファン(実際の単一なファン(SIMPLE FANオブジェクト))は、火災検出の20秒後に起動される煙抽出システムであると想定されます。単純化のために、検出システムは火災ソース(廊下)の近辺にあり、かつシミュレーション開始の20秒後に起動されることが想定されます。ファンシステムは、シミュレーションの実施中にかかなり高温のガスを抽出することが可能なほど十分強靱であることが想定されます。これは、ファンのモーターおよびブレードがダクトによって火災ソースから十分に分離されている場合、不適切な想定条件ではありません。また、ファンに関するすべての配管も、シミュレーションの実行中、その完全性を維持するのに十分強靱であることが想定されます。実際には、配管の破損特性やファンユニットなどの詳細を考慮し、シミュレーションで実行されるのと似ている状態と比較する必要があります。

25.6.2 ステップ 1: 基準ケースの読み込みと名前の変更

*SMARTFIRE*ケース指定ツールを実行(Run)します。グラフィカルインターフェースが開いたら、[ファイル(File)]および[開く(Open)]を用いて、ファイルの読み込みメニューを開きます。ファイル読み込みダイアログウィンドウを用いて、チュートリアル4によるチュートリアルケースが保存されたフォルダ(おそらく「tutorial_4」あるいは「t_4」という名前)を閲覧します。これは一般的に、「smartfire¥work」フォルダの中にあります。本ケースに関する*SMARTFIRE*モデルファイルを選択し(チュートリアル4で提示された命名規則を用いている場合、「t_4.smf」という名前が付けられています)、[開く(Open)]ボタンを選択します。チュートリアル4による基準ケースが読み込まれ、ケースのデフォルトの3Dワイヤーフレームビューが表示されます。

チュートリアル4のケースに、その後の形状やシナリオの変更が誤って書き込まれるのを防止するために、[ファイル(File)]および[名前を付けて保存(Save as)]オプションを選択して、ただちにケース名を別名にすることが推奨されます。ファイル保存ダイアログを用いて、「smartfire¥work」フォルダに戻って閲覧します。なぜなら現在、「t_4」フォルダを見ているためです。その後、ファイル名フィールドに名前「t_5」を入力してから、[保存(Save)]ボタンを選択します。ケースに別名が付けられ、新たに「t_5.smf」と名づけられたモデルファイルが新規の「t_5」フォルダ内に保存されます。

これで、次に進んでファンを作成するために必要なオブジェクトを追加することができます。

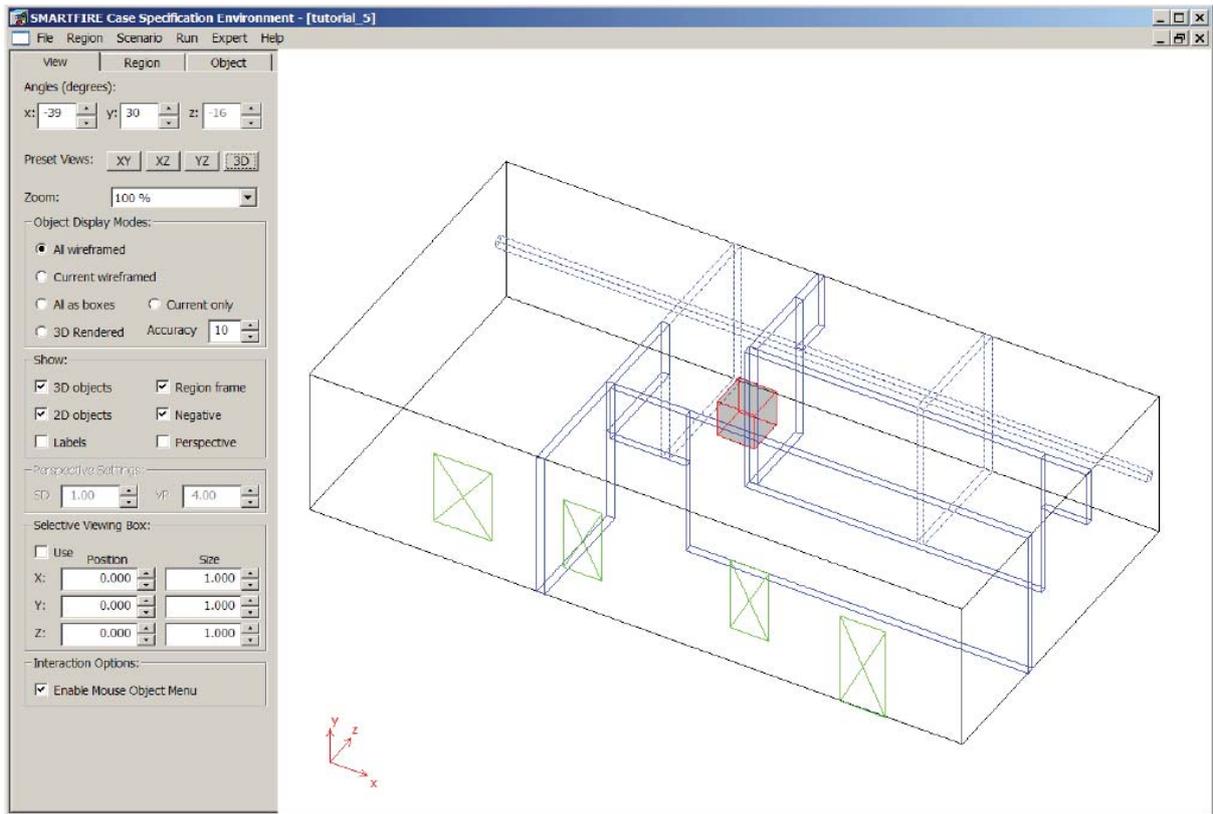


図25-60 チュートリアル4から別名に変更したケースを示している指定ツール。

25.6.3 STEP 2: ステップ 2: シナリオにダクトファンを追加する

実際のシンプルファン(SIMPLE FAN)オブジェクトは、強制換気に用いることができる一般的なファンソースオブジェクトであり、ダクト抽出ファンから単純な(一方向だけの)卓上扇風機まで及びます。ダクト抽出ファンの構築は、一般的なシンプルファン(SIMPLE FAN)オブジェクトを追加するよりも多少複雑です。なぜなら、目的の挙動を得るために、追加的な考慮事項を設定しなければならないからです。

シンプルファン(SIMPLE FAN)オブジェクトは、「ダクト」抽出ファンにするために、周囲にある程度の配管を必要とします。そうしなければ、流れが側面からファンユニットに進入(あるいは流出)することが可能になり、ファンは単純な卓上扇風機のように振る舞うことになります。このダクトは、実際のダクトの最善の形状表現に応じて、4つの薄板(THIN PLATE)オブジェクトあるいは4つの障害物(OBSTACLE)オブジェクトから構築することができます。

ファンは固体の壁の外へ抽出しますが、シミュレーションの範囲を離れた空気は、実際には考慮しません。この効果を得るには、壁面のファンダクト内部に排気口(OUTLET)パッチを配置することが必要です。この排気口パッチは、当該範囲から抽出されるすべての空気をダンプすることが可能な表面を提供します。

最後の考慮事項は、シンプルファン(SIMPLE FAN)オブジェクトが、シンプルファン(SIMPLE FAN)オブジェクト自体のいずれか一方の側面上にあるセルのレイヤ上に運動量の力を展開する必要があることです。そのため、シンプルファン(SIMPLE FAN)オブジェクトと排気口(OUTLET)パッチの間に少なくともセル1個分の空気の間隔がなければなりません。次の図ダイアグラムは抽出ファンの構造を明確に示すものです。

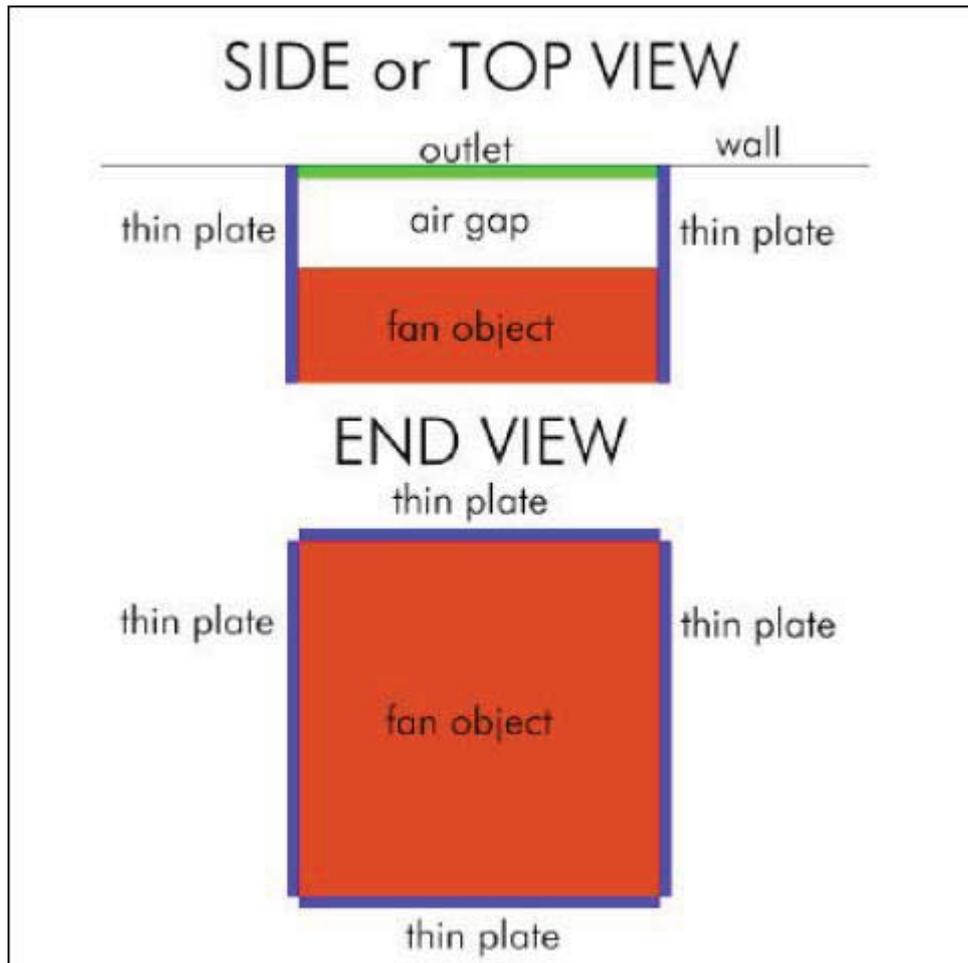


図25-61 ファン(FAN)オブジェクト、排気口(OUTLET)オブジェクト、および4個の薄板(THIN PLATE)オブジェクトを用いて、ダクトファンを構築するために用いるコンポーネント。

以下のオブジェクトは、ダクトファンユニットを定義し、特定の位置およびサイズを伴って追加されるべきものです。

(火災の最も近くにある小さい室内の)壁を通る排気口:
高(high)-z壁上の($x=10.0$, $y=2.5$)における排気口(OUTLET)。サイズは($dx=0.8$, $dy=0.8$)。排気口圧力(OUTLET Pressure)は 0.0Pa に設定し、温度は周囲温度(すなわち、 288.15K)に設定。

(火災の最も近くにある小さい室内の)ファンブランチ:
低いz壁の($x=10.0$, $y=2.5$, $z=8.6$)におけるシンプルファン(SIMPLE FAN)。サイズは($dx=0.8$, $dy=0.8$, $dz=0.2$)です。Simple Fanの風が吹く方向はZ+に設定され、ファンが位置する領域の高いzサーフェスに対する外へ向かう方向です。ファンの速度は 5m/s に設定され、計数値は 1000.0 を初期値にしました。ファンの開始時間が起動時間セクションに設定されているので、ファンはその開始間として20秒で「開始(開始時間に追加)から起動」がされます。

シンプルファン(SIMPLE FAN)プロパティWindowが次のように現われます:

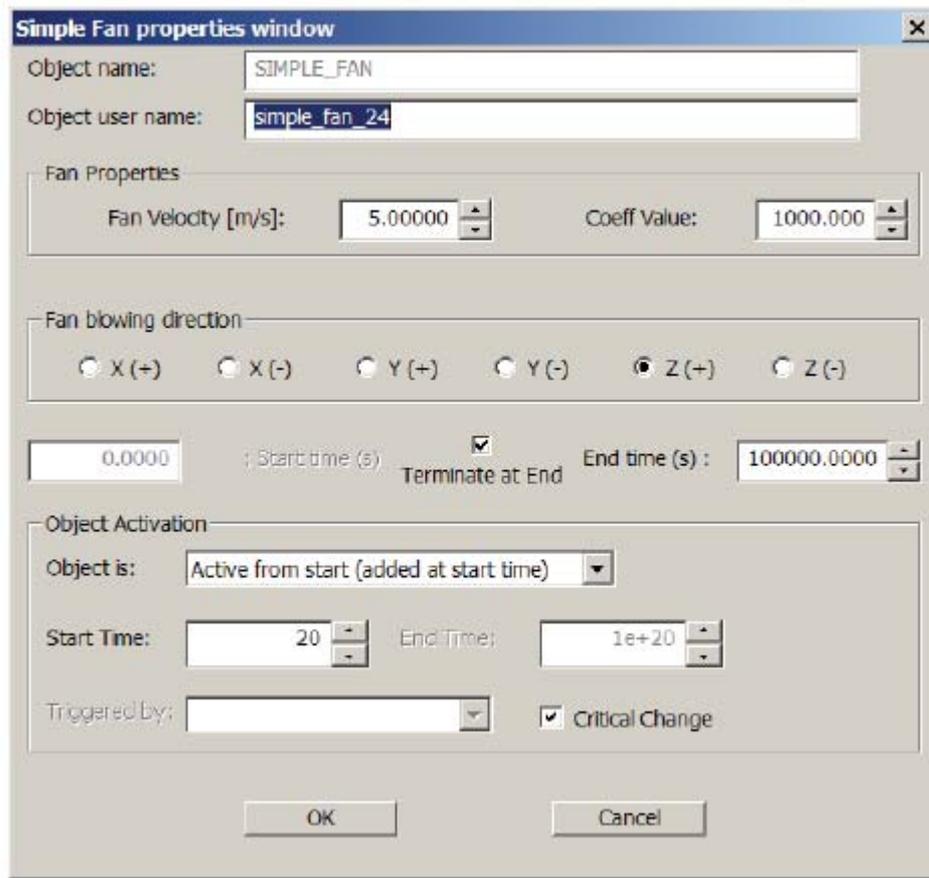


図25-62 新規のファン曲線が読み込まれた後のファンプロパティウィンドウ。

ファンダクト、低-x端部（火災に最も近い小さい室内）： x-方向の ($x=10.0$, $y=2.5$, $z=8.6$)における薄板 (THIN PLATE)。サイズは ($dy=0.8$, $dz=0.4$)。

ファンダクト、高-x端部（火災に最も近い小さい室内）： x-方向の ($x=10.8$, $y=2.5$, $z=8.6$)における薄板 (THIN PLATE)。サイズは ($dy=0.8$, $dz=0.4$)。

ファンダクト、低-y端部（火災に最も近い小さい室内）： y-方向の ($x=10.0$, $y=2.5$, $z=8.6$)における薄板 (THIN PLATE)。サイズは ($dx=0.8$, $dz=0.4$)。

ファンダクト、高-y端部（火災に最も近い小さい室内）： y-方向の ($x=10.0$, $y=3.3$, $z=8.6$)における薄板 (THIN PLATE)。サイズは ($dx=0.8$, $dz=0.4$)。

以下の画像は、ファンユニットを作成するために用いるオブジェクトの配置および方向設定に役立ちます。

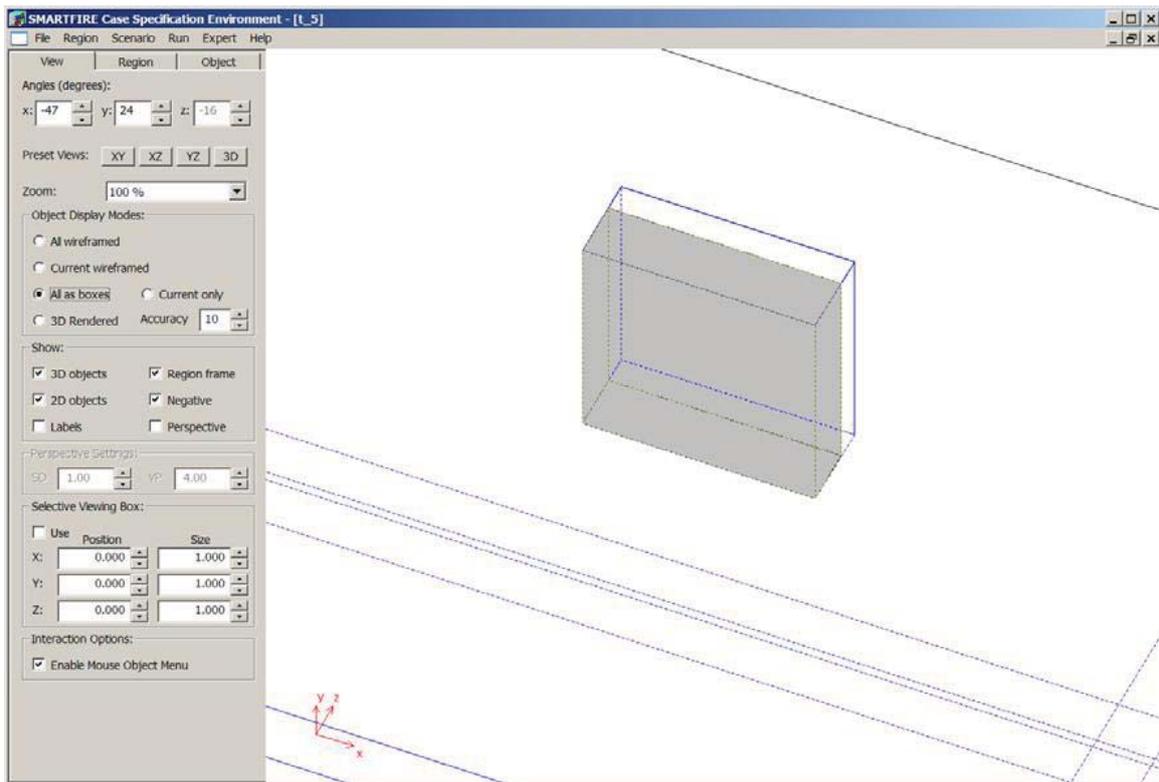


図25-63 ファンユニットのワイヤーフレームビューのクローズアップ。

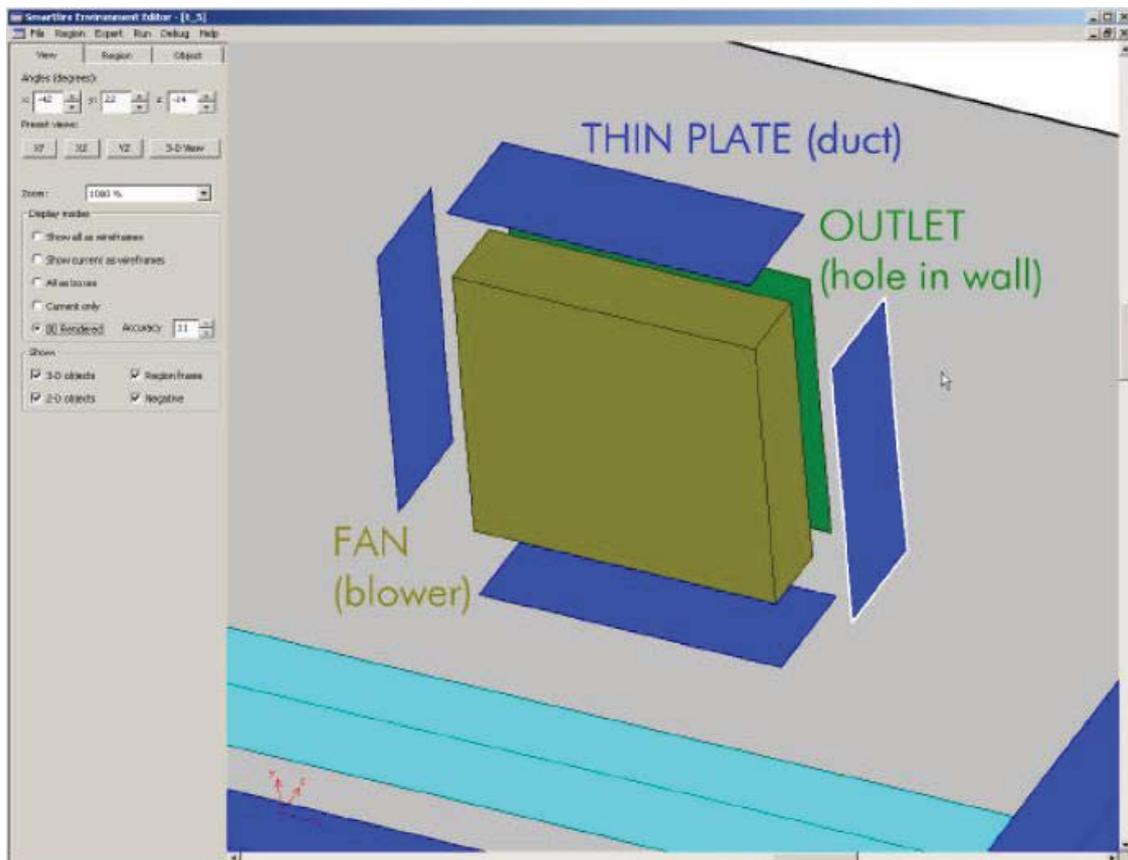


図25-64 (コンポーネントを分離した)ファンユニットの分解組立図。ファン(FAN)オブジェクトおよび、排気口(OUTLET)オブジェクトの間にエアギャップが必要なことに注意します。

[拡張された体積力(Enhanced Body Force)]を問題タイプ(Problem Type)ウィンドウから起動する必要があること以外、シナリオのそのほかすべての設定は、チュートリアル4と同じです。*SMARTFIRE*ケース指定環境は、ファンオブジェクトが用いられたことを検出し、ファンを使用するときは、拡張された体積力(Enhanced Body Force)を起動する必要があることをユーザーに知らせます。

25.6.4 STEP 3: ステップ 3: シミュレーション用のメッシュを作成する

ケースの形状および物理特性の処理に満足したら、メッシュ作成システムを実行する必要があります。メインメニューからメッシュ自動生成ツールを実行するには、[実行(Run)]オプションおよび[メッシュの作成(Create Mesh)]を順に選択します。メッシュ作成ツールのユーザーインターフェースが開きます。メッシュ自動生成ツールはまず、現在の形状に関して、以前に作成された既存のメッシュがあるか否かを判断します。利用可能なものがある場合は、既存のメッシュを読み込むか、あるいは新規のメッシュを作成するかのオプションが与えられます。利用可能な既存のメッシュがないか、あるいはユーザーが新規のメッシュを作成すると想定します。

なお、本シナリオに関して作成されたメッシュは、チュートリアル4に関して作成されたメッシュと類似しますが、スライスの数(および利用方法)が異なり、メッシュ生成に関する要件がファンの近くで異なることに注意します。たとえ数個のオブジェクトを追加した場合でも、それぞれのオブジェクトには各方向に追加の2つの端部があるため、メッシュセル割当て数に急激な影響を与える可能性があります。

メッシュ生成が開始すると、メッシュ生成ツールは、解決する必要がある形状あるいはモデリングの問題の有無をチェックします。なんらかの問題がある場合、システムはユーザーに対し、適切な解決操作を選択するよう求めます。たとえば、システムは上記で指定した形状におけるオブジェクトの重なりを検出します(モニター線はいくつかの壁を通過して、範囲の端から端まで延長するため、壁とモニター線オブジェクトは重なり合います)。しかし、この重なりは無害であるため、メッシュ生成を妨げません。したがって、ユーザーはこのケースに関する重なりを無視することを選択できます。

システムはまた、拡張された範囲に関する要件を分析します。基本的に、拡張された範囲は、通気孔(VENT)オブジェクト(形状の低XY壁のドアおよび窓)の外側に必要になります。表面に複数の通気孔がある場合は、表面全体でただ1つの拡張範囲だけが必要になります。システムは、必要かつ推奨される拡張範囲の作成を示す選択ウィンドウを表示します。システムは、通気孔が隣接した表面に近接しているときは、いくつかの隣接した表面に関しても範囲を拡張することを推奨する選択をおこなうことがあります。これがなぜ必要かという、拡張範囲の外側部分に適用される自由表面パッチは、実際には通気孔からかなり離れたところに適用される理想化された境界条件であるからです。実際は、4-10mの範囲の分離を許容します。それにより、許容範囲内のシミュレーション挙動が示されるからです。現在のシナリオでは、拡張された範囲が1つだけあります。ユーザーは、追加的な拡張範囲を作成することなく、この選択を確定します。拡張範囲の追加(Additional Extended Regions)ウィンドウは、以下のように表示されます。

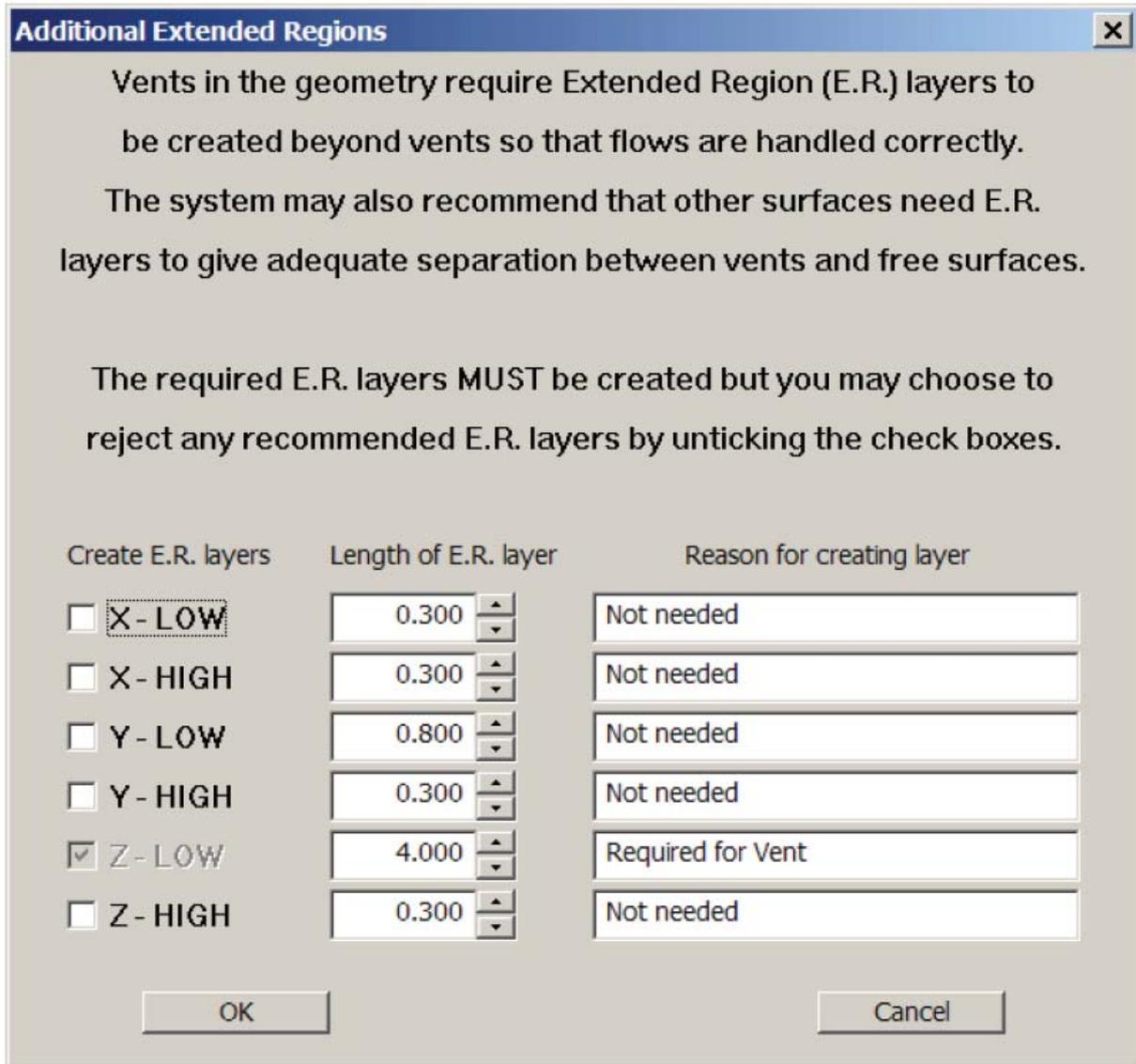


図25-65 拡張範囲の作成に関するオプションを示しているウィンドウ。

形状およびモデリングの問題がすべて解決されたら、メッシュ生成システムは、形状を分析し、セル割当てウィンドウを表示します。このウィンドウには、メッシュ自動生成システムの推奨セル割当て数が含まれ、それぞれの座標方向に関する、ユーザーが選択できる個別のセル割当て数が示されます。このケースは更新オプションのあるユニットブロックメッシュとしてメッシュされるこのケースが勧められています。正確な結果が必要な場合、製品を実行するのに適切ではありませんが、このケースを実行する合理的なメッシュを作成します。セル割当てWindowが次のように現れます：

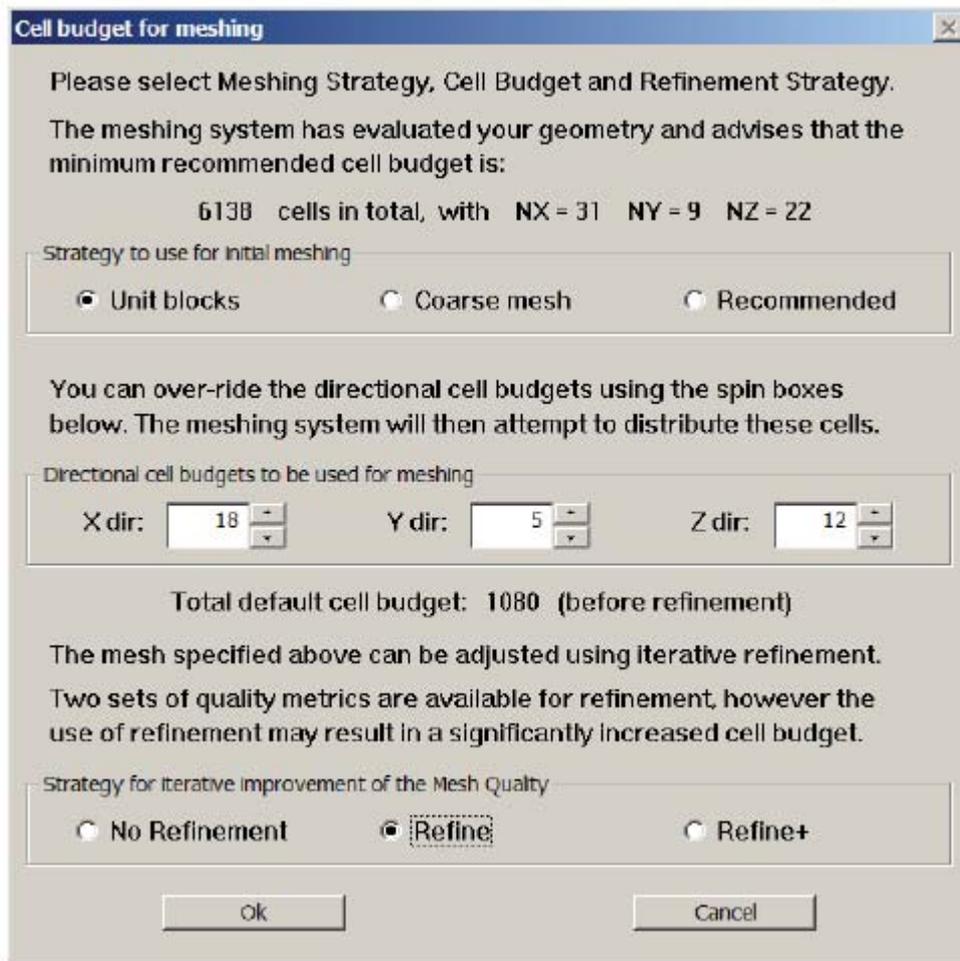


図25-66 メッシュ生成のためのセル割当て。

コースメッシュを用いた最初のメッシュ生成の試みは、以下のように表示されます。

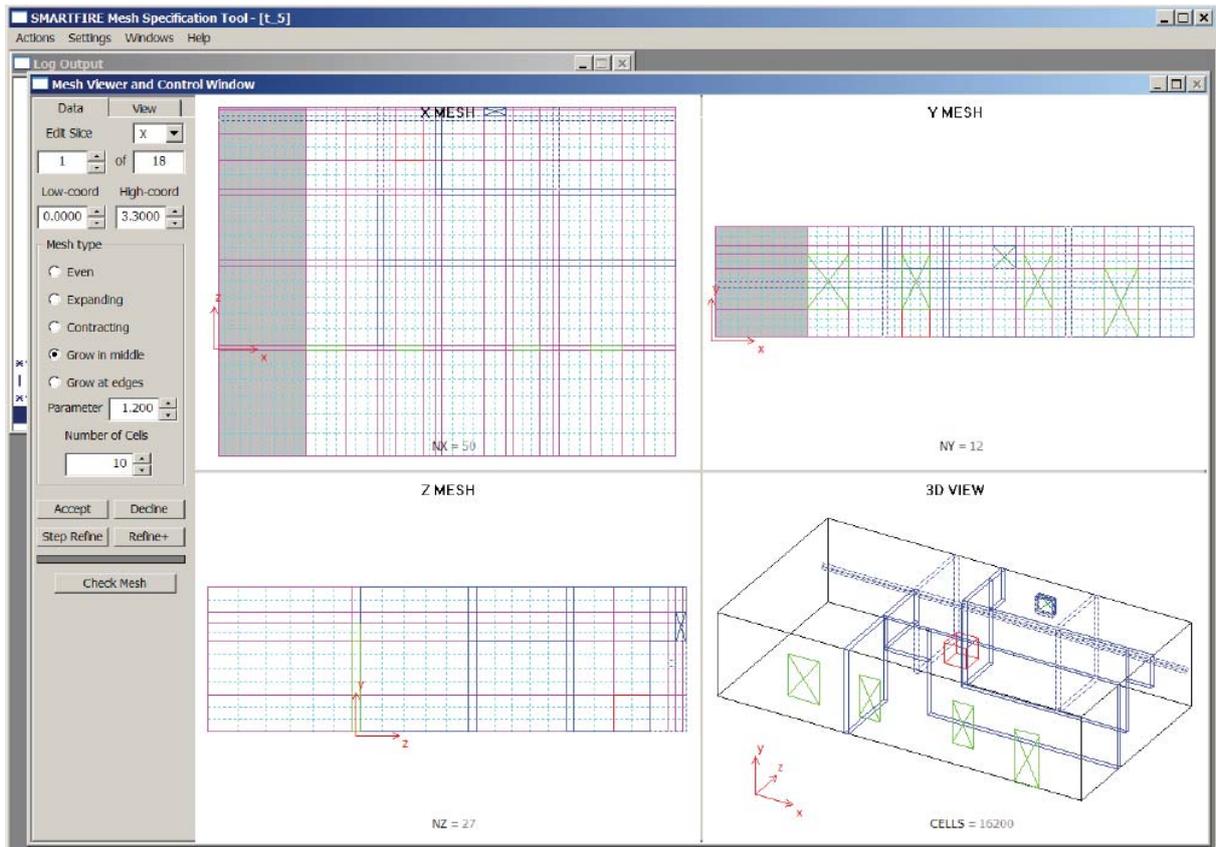


図25-67 自動メッシュ生成システムによる最初のコースメッシュ。

このメッシュはシナリオが予測されたように動作をチェックするようTutorialの実行に対して適切です。しかしながら製品の実行は-結果が正確である必要がある場合-均一で品質の高いメッシュを必要とします。「slice」選択コンボボックスとslice番号回転ボックスを使って精製された部分を強調し、ディスプレイウィンドウで必要な部分をポイントし(マウスポインタとボタンで)、選択して現在の部分をアクティブにし(グレー=内部領域、グリーン=外部領域)の影で強調)、メッシュを手作業で精製することが可能です。

ユーザーは更新後常にメッシュをチェックし、不規則な部分や、限定されたセル割り当てによって何か問題が生じていないかを確認します。シミュレーションには絶対的に正しいメッシュはありません。経験によってセルが精製される時や場合の知識を向上させていきます。一般に、メッシュを更新するとき、次のポイントが考慮に入られます。

- (1) 火災は浮揚性の高い煙流を生成しますが、障害物の周囲で空気が同伴、すなわち一緒に運ばれるため、周辺に曲がることもあります。煙流に可能な限り多くの自由度を与えるために、火災付近で追加的なセルを提供することは良い方法です。
- (2) 通気孔は、さらに高速の流れが通過する可能性が高いため、通気孔の高さと幅にわたって可能な限り多数のセルを持つことにより便益が生じます。
- (3) 浮揚性の煙流が天井(あるいは壁)に影響を与えるところでは、天井ジェットにおいて煙流の回転を考慮するために、可能なかぎり多数のセルをもたせる必要があります。
- (4) 隣接したメッシュセルのサイズが大きく異なるのは、適切ではありません。
- (5) 平らに押しつぶされた(あるいは細長い)メッシュセルを含むのは、適切ではありません。
- (6) ファン付近の流れは複雑かつきわめて強い可能性が高いです。開口部(出入口など)とファンの間のセ

ルを適切に改良することが推奨されます。

これでメッシュが完成し、シミュレーションのために保存することができます。[確定 (Accept)] ボタンを押すと、メッシュおよびシナリオの指定が、CFDエンジンが読み込む指定ファイルのセットとして保存されます。また[確定 (Accept)] ボタンを押すと、自動メッシュ生成ツールが閉じ、コントロールがSMARTFIREケース指定環境に戻ります。

25.6.5 ステップ 4: CFD エンジンを実行する

最後の段階では、SMARTFIREのCFDエンジンコンポーネントを用いて、数値シミュレーション自体を実行します。CFDエンジンを実行するには、メインメニュー項目[実行 (Run)]および、[CFDエンジンの実行 (Run CFD Engine)] オプションを順に選択します。数値CFDエンジンが起動し、ケース指定および作成したばかりのメッシュを自動的に読み込みます。この段階はかなりの量のファイル解析、メモリ割当て、および初期化を伴うため、少し待たなければならないことがあります。最終的に、CFDエンジンに関するユーザーインターフェースが完全に表示されます。注意点として、かなり低い解像度のディスプレイを用いている場合は、有用な表示を作成するために、CFDエンジンユーザーインターフェースがさらに小型のウィンドウおよび少し異なるレイアウト (最初は閉じられたウィンドウが多いなど) によって表示されることがあります。

CFDエンジンがデータを読み込み、必要な初期化をすべて実行したら、ユーザーインターフェースが未処理のシミュレーションケースのビューとともに表示されます。初期のCFDエンジン表示は、以下のように表示されます。

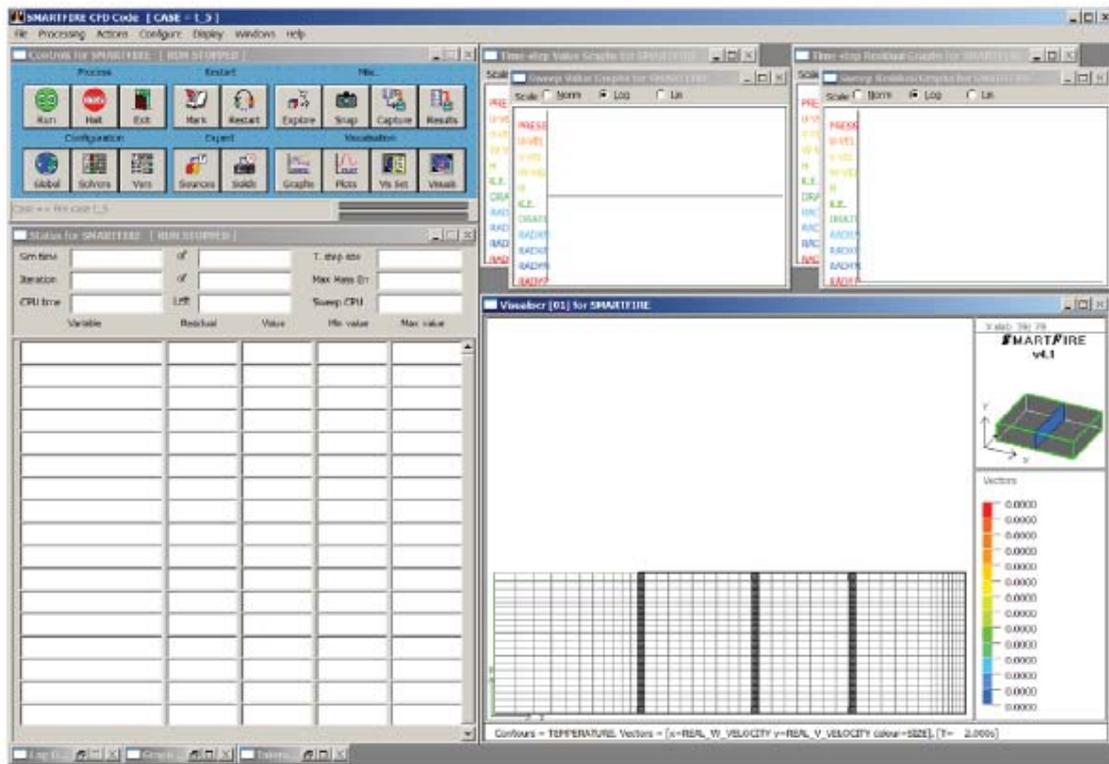


図25-68 起動時のSMARTFIRE CFDエンジンユーザーインターフェース。

ケース指定環境は、可視化するデフォルトのビュー面を選択します (一般的に、X-方向におけるセルの中間

レイヤ)。このビュー面が、表示するほど特に興味深いものでないことがあるため、シミュレーション全体から適切なビュー面を選択する価値があります。この場合、どのような面を選択するとよいかに関する情報はありますが、ビジュアル設定ウィンドウを用いて、適切な面を「探索」することができます。[ビジュアル(Visual)] ボタンを押すと、ビジュアル設定(Visual Configuration)ウィンドウが開き、さらに興味深いスライス面が見つられるように、オブジェクトの配置を調査することができます。最も低いYスライスを選択すると、火災がどこに位置しているかをビジュアル表示(Visual Display)ウィンドウで見ることができます。

単純にビジュアル設定ウィンドウに再入力し、平面スライスを選択すると、火災付近でなにが発生しているかを示すさらに意味深い表示が得られます。

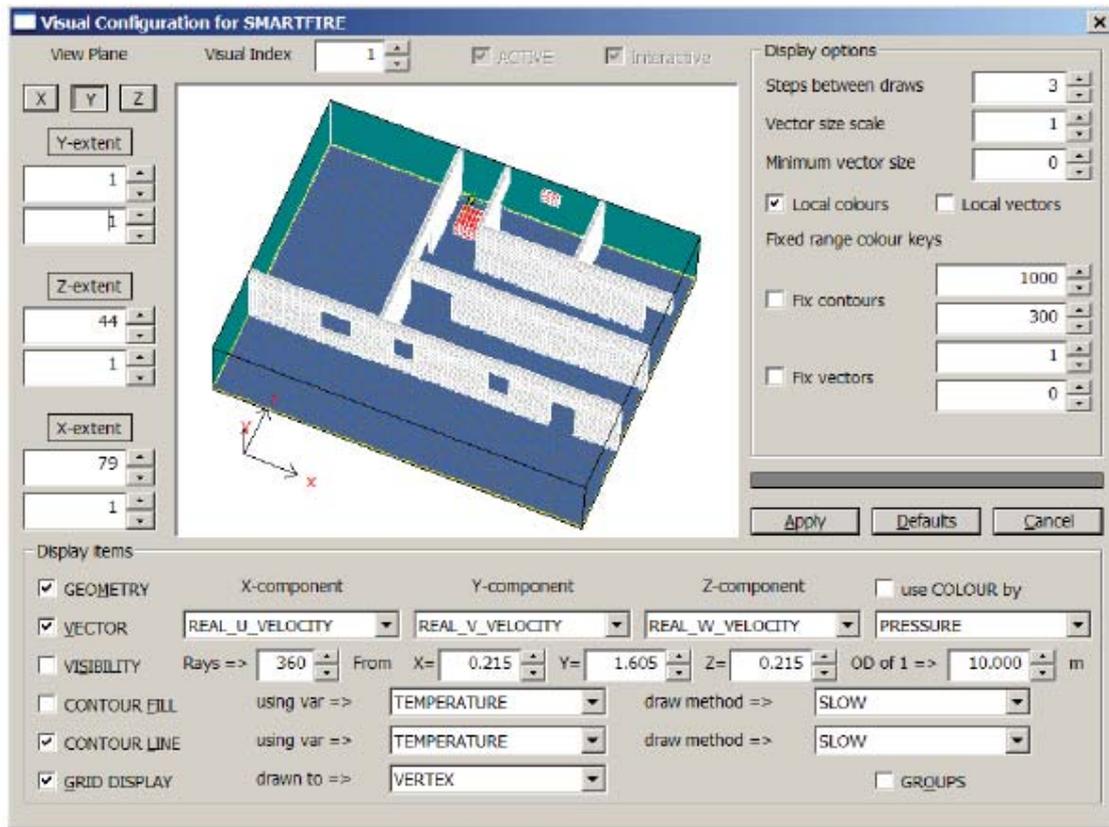


図25-69 最も低いY-レイヤのセルを表示するために選択しているビジュアル設定(Visual Configuration)。

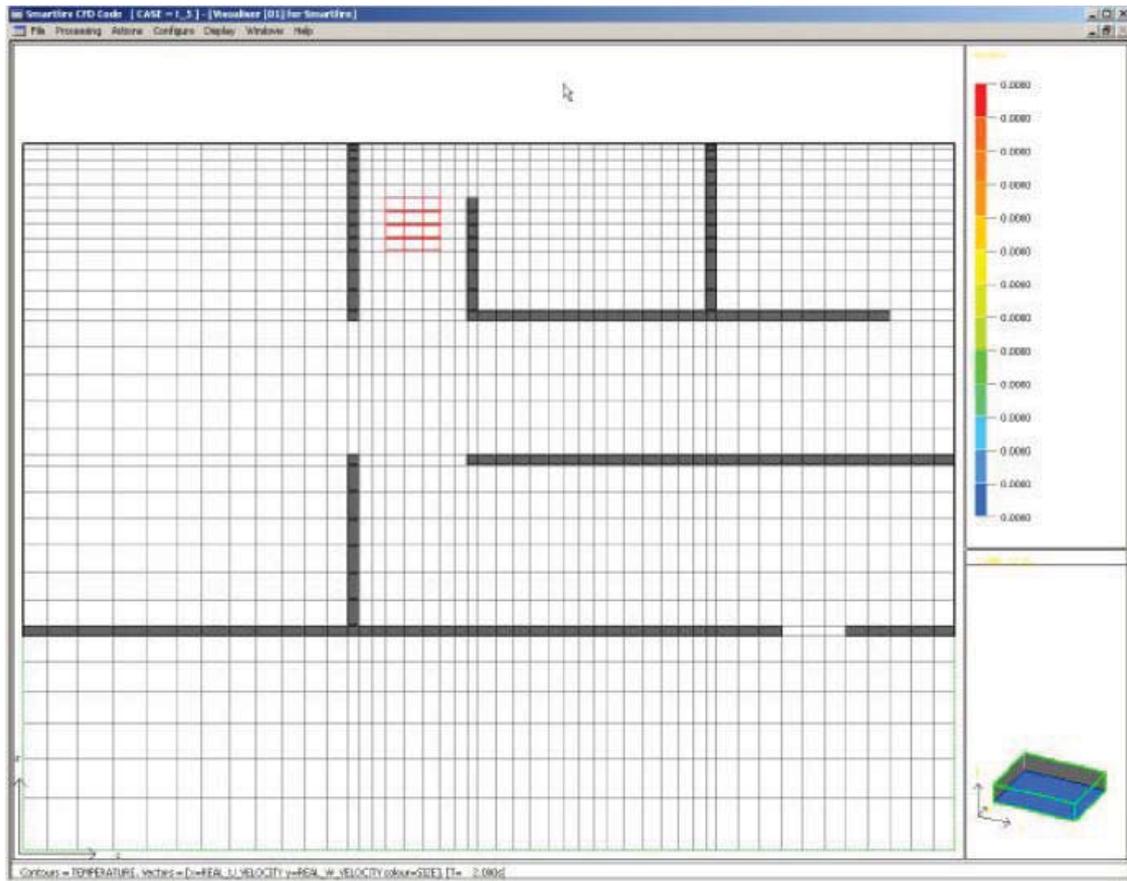


図25-70 火災位置を示している、セルの最も低いY-スライスの可視化。

火災 (Fire) 面およびファン (Fan) 面を常時監視するために、ビジュアル設定ウィンドウ (Visual Configuration Window) で [ビジュアル索引 (Visual Index)] スピンボックスおよび [アクティブ (Active)] チェックボックスを用いて2つのビジュアライゼーションを設定します。Visual[1]がX=32 slice(火の中心を経験していることを調べるべきです)を描写します。Visual[2]はX=44 slice(このメッシュに対するカット平面図はファンの中心を通過します)を描写します。これらの2つの視覚化と手作業のVisualizer Windowsを使うと、その両方が画面上視覚化され、次のようにユーザインタフェースが現れます:

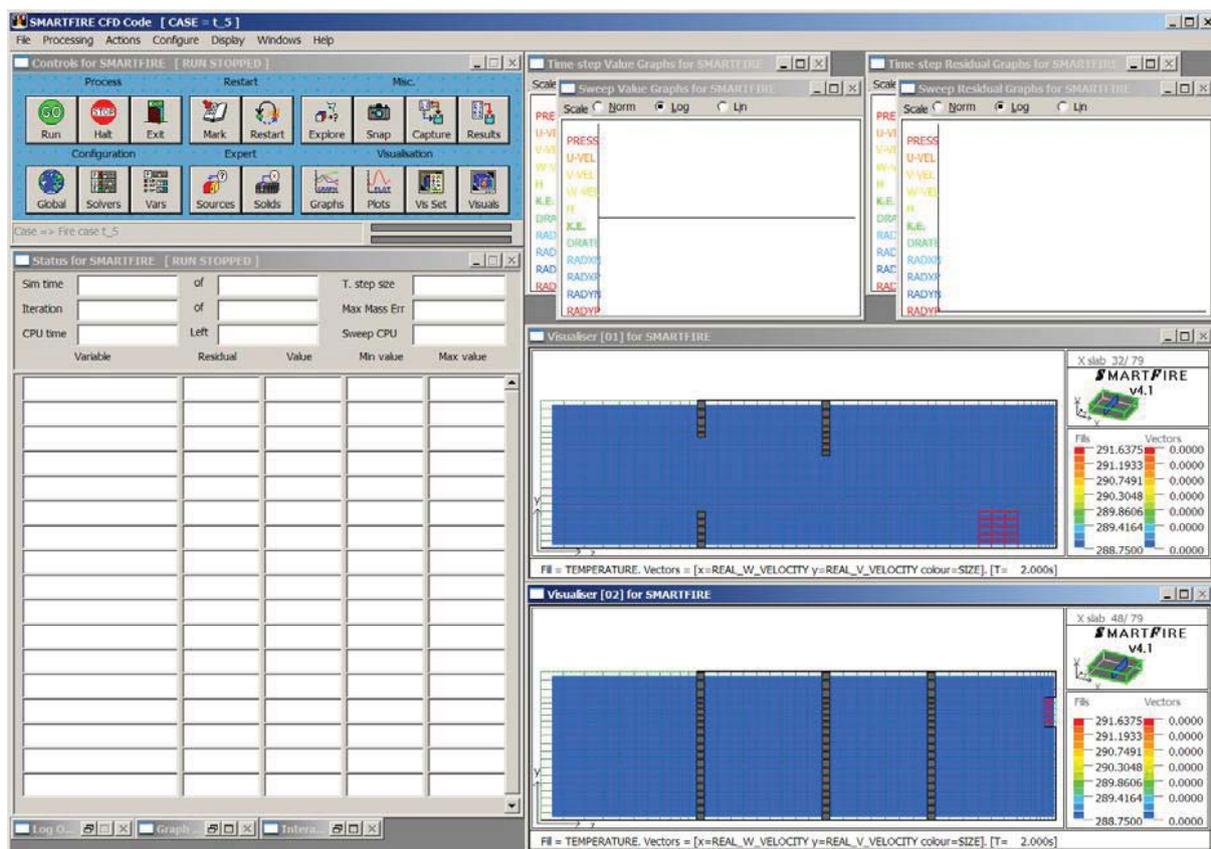


図25-71 火災面およびファン面のビジュアルを示しているSMARTFIRE。

ビジュアル設定ウィンドウ (Visual Configuration Window) は、ビジュアライザに表示されている機能を変更するために利用することもできます。上の画像において、「温度 (TEMPERATURE)」の [コンタ塗りつぶし (Contour Fill)] オプションが起動されています。これは、特に同じディスプレイにおいて速度のベクトルを用いる場合、これにより火災面において温度がもっとも明確に表現されるからです。

シミュレーションを始める前に、シミュレーションからのデータキャプチャの形式および頻度を考慮する価値があります。特定の時間における状況がどのようなものかを見たいだけの場合は、必要なシミュレーション時間に到達するまでシミュレーションを実行すればよいことです。このシナリオでは、これらの状況がいつ起きるかわかっていません。したがって、いつ一定の状況が発生したかを解析するために十分なデータを保存することが必要です。ユーザーは、メインメニューから [設定 (Configure)] メニューを開き、[データキャプチャ (Data Capture)] を選択します。データキャプチャ設定 (Data Capture Configuration) メニューが表示され、シミュレーションの実行中 (および終了時) に保存されるデータの頻度および特性を設定することができます。このシミュレーションで、ユーザーはそれぞれの時間ステップの終了時に結果、グラフ、およびビジュアルを保存することが推奨されます。この設定をおこなうには、メニューの「自動一過性アウトプット (Automatic Transient Outputs)」セクションで適切なチェックボックスをチェックします。

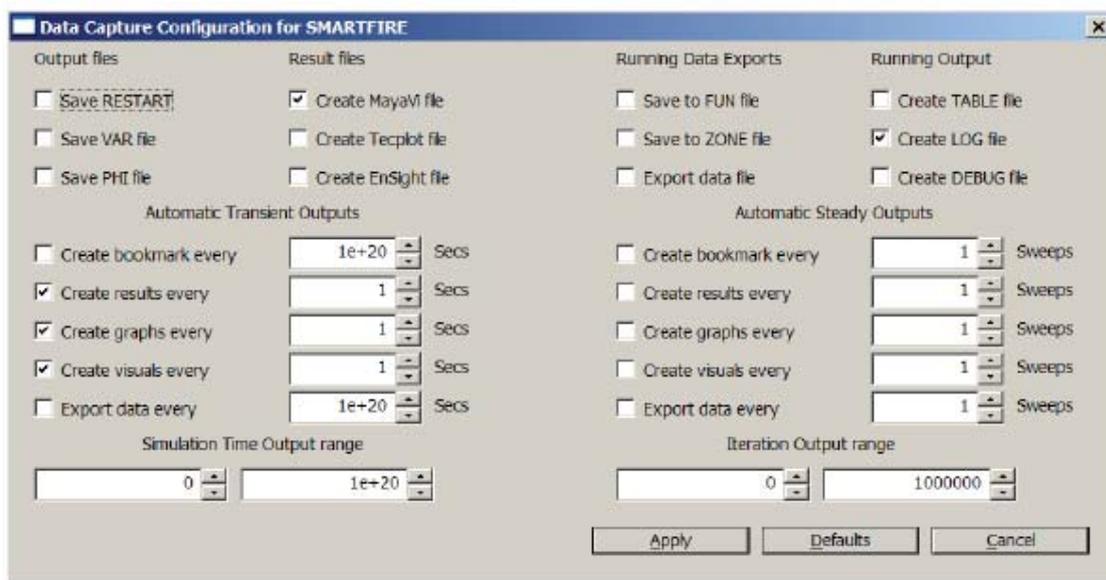


図25-72 データキャプチャ設定 (Data Capture Configuration) メニュー。

すべての項目を設定したら、シミュレーションシナリオのプロセスを開始することができます。

数値シミュレーションを始動させるには、緑(「進む(GO)」)のアイコンが付いた[実行 (Run)]ボタンを押します。すると、シミュレーションプロセスが始動します。任意の時間にシミュレーションを停止するには、赤(「止まる」STOP)アイコンが付いた[一時停止 (Halt)]ボタンを押します。また、任意のポイントにおいてシミュレーションを終了させるには、[終了 (Exit)]ボタン(小さいドアのアイコン)を押します。そのほか、専門家がソリューションプロセスの設定を細かくコントロールできるいくつかのボタンおよびコントロールがあります。ただし、ユーザーガイドで推奨されないかぎり、専門家以外がコントロール設定を変更することは推奨されません。

ユーザーインターフェースのグラフィカルウィンドウは、シミュレーションプロセス実行中に、データおよびシミュレーションのステータスのさまざまなビューを表示します。調べる項目は以下のとおりです。

- 1) 数値シミュレーションプロセスにおける解決および計算された変数の収束を示す残差グラフ(右上)。
- 2) さまざまな重要な変数のモニター値および変数残差(現在のソリューションエラー状況)がステータスウィンドウに表示されます(左下)。
- 3) 特定の選択された部屋のスライスに関して発生しているベクトル流および温度コンタのパターンがビジュアライザウィンドウに表示されます(右下)。これでSMARTFIREは、それぞれ完全に独立したビューおよび表示選択項目を含んでいる複数の可視化ウィンドウを維持することが可能です。
- 4) それぞれの変数に関するデータ分布範囲がステータスウィンドウに表示されます(左下)。
- 5) コントロールウィンドウの右下(可視化ボタンの下)に進行状況表示バーがあります。これらのバーは、ソリューションの進行状況を示します。上のバーは1回のスイープごとに満たされ、下のバーは、設定されたシミュレーション全体が完了すると満たされます(左上)。
- 6) ステータスウィンドウには、現在の処理段階を示すスイープ数および時間ステップ数(一過性のシミュレーションのみ)を表示するディスプレイがあります。
- 7) ステータスウィンドウは、これまでに費やした、および残りの推定CPU時間を示します。これらは推定にしませんが、シミュレーションの予想継続時間の適切な概算が得られます(左下)。
- 8) SMARTFIREの重要機能の1つは、ブックマークを保存し、保存したブックマークからいつでも再起動で

きるアクセスです。[マーク(Mark)]という名のコントロールボタンは、このケースに関するデータベースに、ソリューションの現段階のブックマークをドロップします。[再起動(Restart)]ボタンを用いると、以前のブックマークの状態が読み込まれ、その後のプロセスは起こらなかったものとされます。これは、エキスパートソリューションコントロールを必要とする問題のあるシミュレーションや、あるいは単純に、将来検討用のデータ保存の際にきわめて貴重です。

- 9) [プロット(Plots)]という名のコントロールボタンを用いると、データから線グラフを定義することができます。これらの線グラフは、ソリューションが進行するにつれて更新されます(左上)。形状指定において作成されたモニター線を表す1つのプロット(Plot)ウィンドウが表示可能になります。

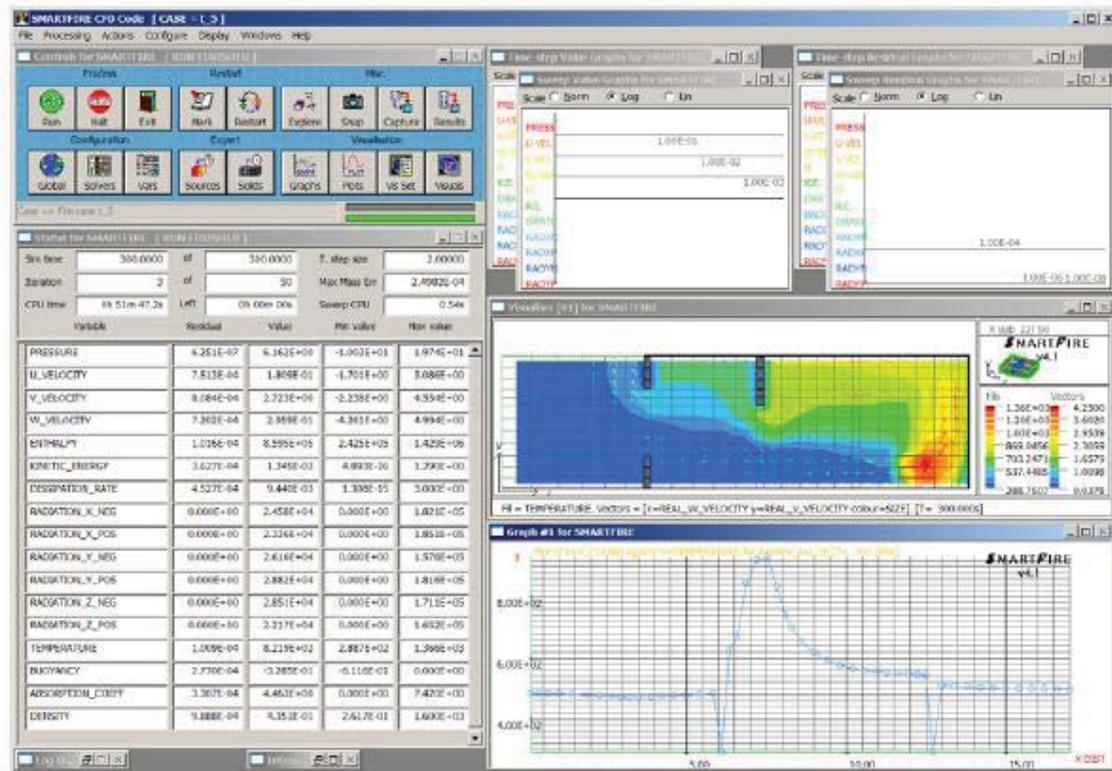


図25-73 シミュレーションの最終段階を示しているSMARTFIREユーザーインターフェース。火災面ビジュアルおよびにモニターされた温度の線グラフを示しています。

25.6.6 ステップ 5: SMARTFIRE の結果を解釈する

このシミュレーションケースがコースメッシュを用いて実行されたという事実は、モデル化されたシナリオの安全限界評価に関して、結果を完全に信頼できないことを意味します。また、完全な収束の保証に関してあまり厳密ではありませんでした(ただし、時間ステップ終了時の収束履歴の簡潔な調査、すなわち時間ステップ残差グラフ(Time Step Residual Graph)は、このコースメッシュシミュレーションに関してはほとんどの時間ステップが適切な収束状態で終了したことを示しています)。ただし、このシナリオから遭遇する可能性が高い挙動をよりよく理解するために、シミュレーションの結果やデータを利用することができます。

このシミュレーションの目的は、火災に隣接する部屋が生命を脅かす状況に達するまでのおおよその時間を求め、それを抽出ファンがなかったチュートリアル4での結果と比較することでした。モデル化されたシナリオで考慮されるのは温度の影響のみで、煙濃度、熱放射や有毒ガス濃度などの影響は考慮されていません。こ

でもやはり、標準的な人に関する一般的な有害な曝露時間は、180°Cの温度の空気において約1分であることを考慮することによって、火災影響のおおよその理解を得ることができます。

SMARTFIRE CFDエンジンがケルビン絶対温度で温度を計算していることに注意します。これを仮定すると、安全事項に関して、120°Cの限界温度に到達することは、人間の生命に関して危険な状態が始まることを意味します。シミュレーション実行中に、それぞれの部屋がモニター線の付近で120°C (393K)以上の温度に達した時間を決定するために、モニター線に関するプロットグラフデータを周到にチェックすることができます。

シミュレーションの終了時におこなったモニター線プロットグラフの単純な調査は、シミュレーションの終了時でさえ、大きい部屋が限界温度を超えなかったことを示しています。モニターされた小さい部屋のいずれも500K (すなわち227°C)以上の温度に達しています。

保存されたグラフプロットデータをさらに解析すると、以下の時間に限界温度に達することがわかります。

Table25-74 モニターされた室内の限界温度の検出時間を示す表。

モニターされた部屋 (Monitored Room)	限界温度 (Tcritical) 以上の温度を示すグラフの時間ステップ数 (Time Step Number of Graph)	限界温度 (Tcritical) 以上のセルが最初にモニターされるまでの時間	限界温度 (Tcritical) 以上のすべてのセルがモニターされるまでの時間
大きい部屋(窓は1つ)	超過なし	超過なし	超過なし
火災に最も近い小さい部屋(ファン設置)	T.S.(時間ステップ)=39	78秒	86秒
火災から最も遠い小さい部屋	VT.S.(時間ステップ)=85	170秒	176秒

予想通り、抽出ファンはモニターされた部屋の「安全」時間に大きな影響を及ぼします。ファンが設置されている小さい部屋を通じて建物からかなりの熱が排出される一方、窓からの同伴によって建物に冷たい空気がますます取り込まれるためです。大きい部屋は、ファンを使用しない場合と比較して、かなり低い温度になります(長期間で)。実際、大きい部屋の温度は、少なくともシミュレーションの実行中、限界温度を超過しません。

(火災から最も遠い)小さい部屋は、ファンの効果により、危険時間が約1分延期されました。

ここで以下の点に注意が必要です。すなわち、このチュートリアルの目的は、単一火災のモデリングシナリオに関する火災安全事項を厳密に研究することではなく、どちらかといえば、可能なシミュレーションの特性およびシミュレーション結果に関してたずねられることがある質問のタイプを示すことです。

25.6.7 ステップ 6: CFD エンジンを終了する

本コードを終了するには、[終了 (Exit)] ボタンを用いて、まずCFDエンジンインターフェースを終了します。正常に終了したときは、**SMARTFIRE** CFDエンジンは、さらなるビジュアルポストプロセッシングに利用できるいくつかのファイルの数を保存します(異常終了の場合は、ファイルはまったく保存されません。この状態は、メインウィンドウの[X] ボタンを押すと発生します)。最後に、CFDエンジンユーザーインターフェースが閉じ、元の形状設定ツールに戻ります。火災モデリングケースに加えた変更を保存したい場合は、メインメニューから[ファイル (File)] 項目と[保存 (Save)] オプションを順に選択します。

興味深いことに、(完了したシミュレーションに関する) ケースディレクトリには、この演習中に作成された多くの

ファイルが収められます。これらのファイルのいくつかは、グラフィカルポストプロセッシングや、このシミュレーションを終了時点の段階から再起動する場合に利用することができます。またシミュレーション実行中に保存したデータキャプチャファイルが含まれることもあります。

大きいセルを割当てたシミュレーションに関しては特に、ディスクの利用法はきわめて重要であるため、作業中のケースディレクトリの内容をチェックすることが推奨されます。

ここでチュートリアル5を終了します。

25.7 チュートリアル 6

25.7.1 概説

本チュートリアルは、チュートリアル4で用いたシナリオを拡張して、火災にガス燃焼モデルを使用するとともに、デフォルトの6フラックス放射モデルの代わりに、多重光線放射 (multiple ray radiation) モデルを起動します。そのほかすべての形状およびシナリオ指定は、燃料の質量放出率を適用するために火災ソースに加える必要がある変更を除いて、チュートリアル4の場合と同じです。

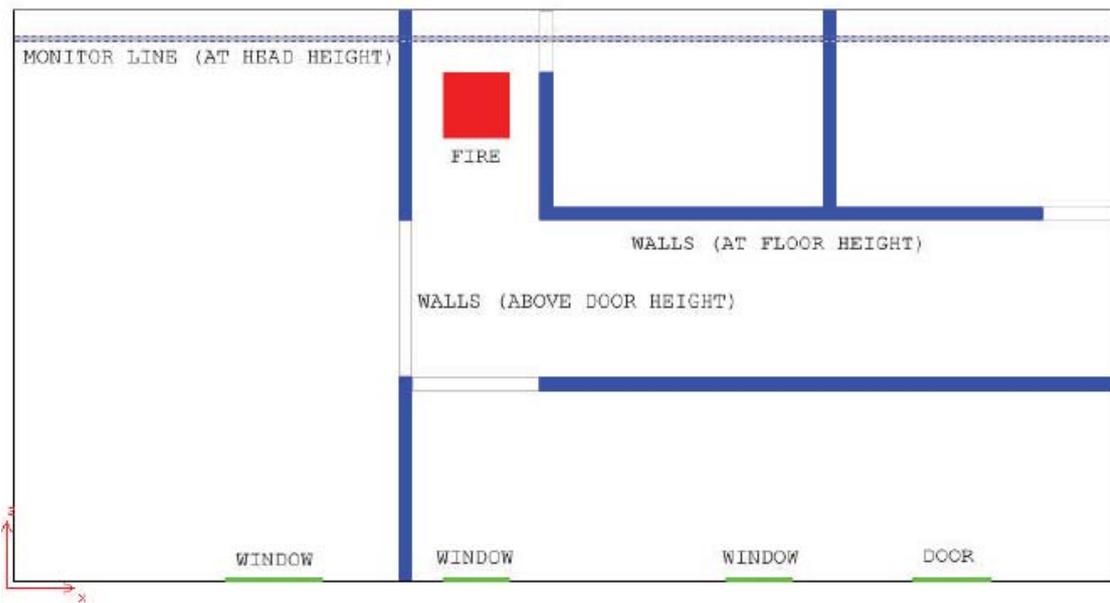


図25-75 部屋のレイアウト形状を示す平面図。

チュートリアル4と同様に、指定を単純化するために、一定の想定条件が以下のとおり設定されました。

- ・ 火災シミュレーションの実行中、部屋はすべてオープンプランであると想定されます。したがって、シミュレーション全体に関して、すべての出入口 (doorways) および窓は全開になっています。
- ・ 廊下の端のドアは、シミュレーションの間中閉じていると想定され、十分な強度があるため、それらの構造的整合性に火災が影響を与えることはありません。最も大きい部屋の外壁には実際に窓がありますが、これらはシミュレーションの間中、閉じている (したがってモデル化されていない) と想定されます (実際には、このために拡張範囲追加の要件がなくなるため、シミュレーションの実行速度が速くなります)。
- ・ シミュレーションの実行中、閉じたドアや窓の周囲のわずかな空気漏れは無視されます。また壁を通じた熱伝達は、そのほかのプロセスによる熱伝達と比較して、無視することができます。
- ・ 廊下は、火災の延焼や2次の発火を助長する可能性がある可燃性物質を含んでいないと想定されません。

本ケースの形状をゼロから構築することもできますが、ユーザーはチュートリアル4のために作成した *SMARTFIRE* モデルファイルを実際に読み込み、それを新規のケースとして保存してから、問題設定および火災プロパティを変更することが推奨されます。

ふたたび、火災は廊下の一方の端に置かれた掃除用トリーの火災であると想定されます。火災は、チュートリアル4で用いた、2MWのピーク放熱率と同等の燃料放出率に2分で到達する同等のメタン火災として指定されます。火災が廊下で発生し、建物から従来の手段で退出することを妨げるため、我々は実際、出口として使用できる外部出口がない隣接する室内で(およそ頭の高さにおいて)限界温度(critical temperature)に達する時間の決定に関心があります。このデータは、燃焼および多重光線放射モデルを用いる影響を調査するために、チュートリアル4の結果と比較します。

25.7.2 ステップ 1: 基準ケースの読み込みと名前の変更

*SMARTFIRE*ケース指定ツールを実行(Run)します。グラフィカルインターフェースが開いたら、[ファイル(File)]および[開く(Open)]を用いて、ファイルの読み込みメニューを開きます。ファイル読み込みダイアログウィンドウを用いて、チュートリアル4によるチュートリアルケースが保存されたフォルダ(おそらく「t_4」や「tutorial_4」という名前)を閲覧します。これは一般的に、「smartfire¥work」フォルダの中にあります。本ケースに関する*SMARTFIRE*モデルファイルを選択し(チュートリアル4で提示された命名規則を用いている場合、「t_4.smf」という名前が付けられています)、[開く(Open)]ボタンを選択します。チュートリアル4による基準ケースが読み込まれ、ケースのデフォルトの3Dワイヤーフレームビューが表示されます。

チュートリアル4のケースに、その後のシナリオの変更が誤って書き込まれるのを防止するために、[ファイル(File)]および[名前を付けて保存(Save as)]オプションを選択して、ただちにケース名を別名にすることが推奨されます。現在は「t_4」フォルダを開いているため、ファイル保存ダイアログを用いて、「smartfire¥work」フォルダに戻ります。ファイル名フィールドに名前「t_6」を入力してから、[保存(Save)]ボタンを選択します。ケースに別名が付けられ、新たに「t_6.smf」と名づけられたモデルファイルが新規の「t_6」フォルダ内に保存されます。

これで、燃焼および多重光線放射モデルを起動するために設定を変更することができます。

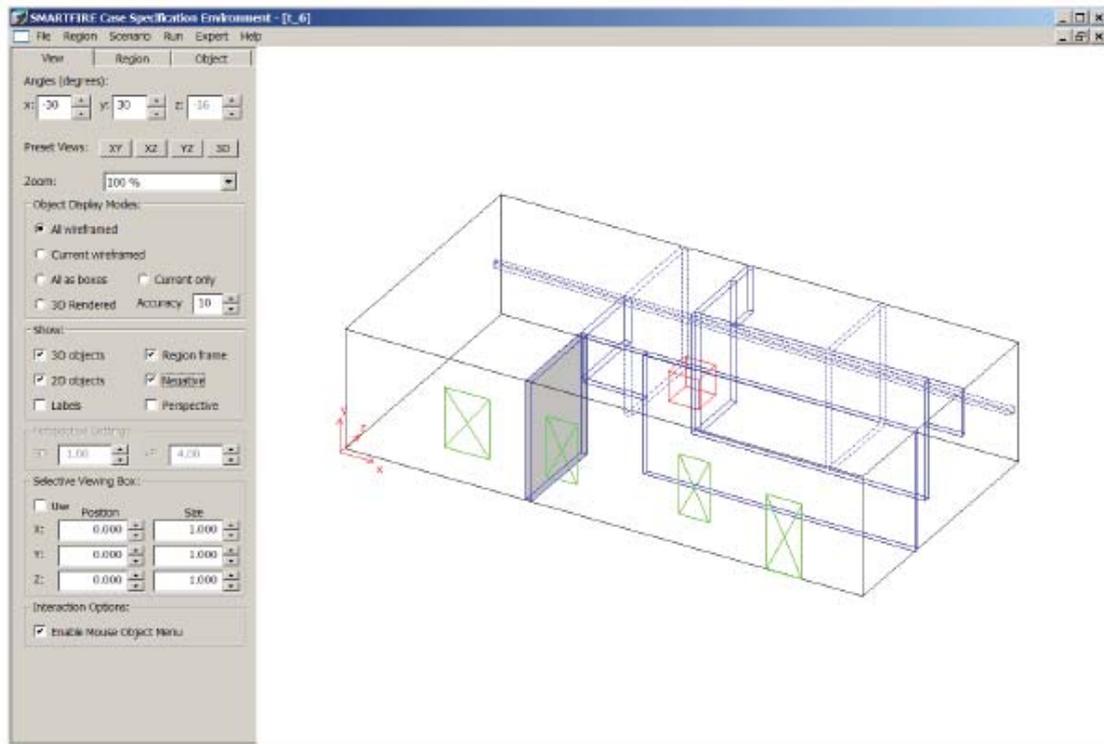


図25-76 チュートリアル4から別名に変更したケースを示している指定ツール。

25.7.3 ステップ 2: 燃焼モデルを起動する

メインメニューから[シナリオ (Scenario)]オプションを選択し、[問題タイプ (Problem type)]を選択します。問題タイプオプション (Problem Type Options) ウィンドウで、「燃焼モデル (Combustion Model)」のチェックボックスにチェックし、燃焼モデルを起動します。

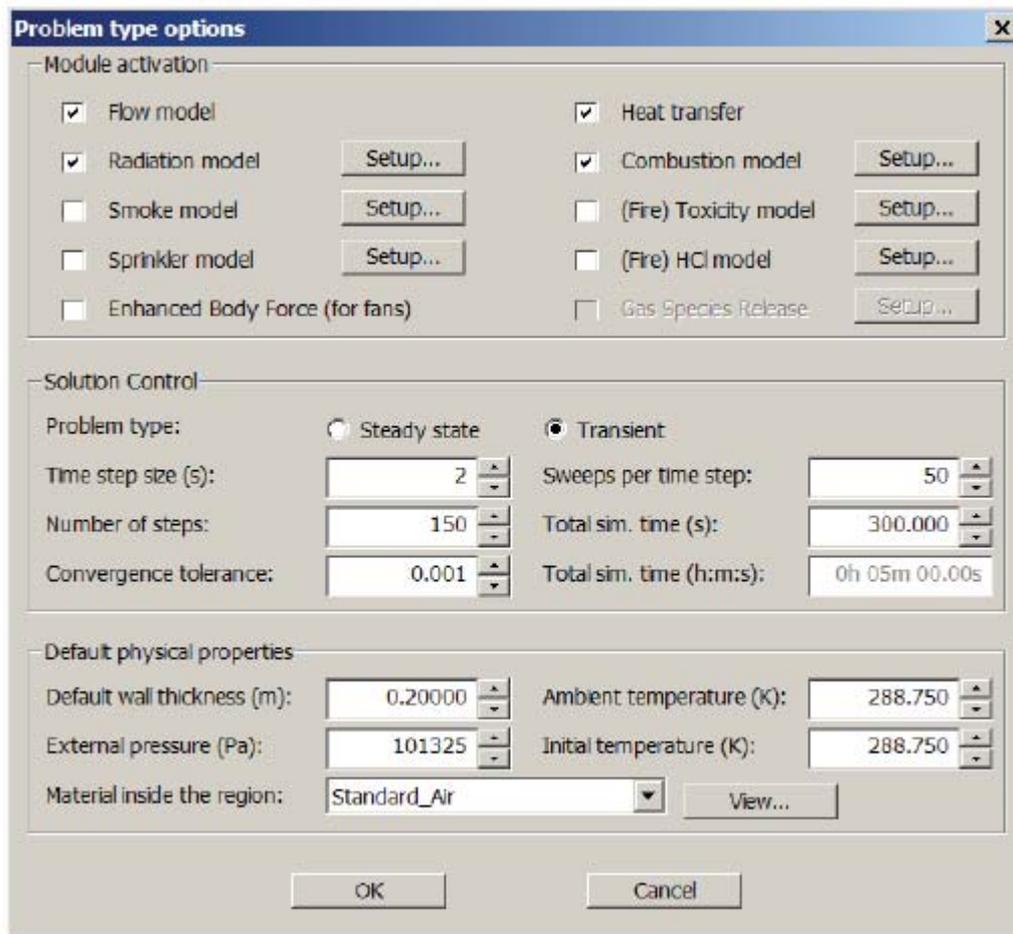


図25-77 燃焼モデルの起動を示している問題タイプ(Problem Type)オプション。

そのほかすべての問題タイプオプションは、チュートリアル4で用いた設定のままにしておくことができます。すなわち、2.0秒の時間ステップを150回、時間ステップごとに50回のスイープを用いる一過性のシミュレーションです。収束許容値は0.001に設定します。デフォルトの壁厚は0.2mです。周囲温度(Ambient temperature)および初期温度(Initial temperature)は288.75Kに設定します。外部圧力は101325Pa、建物は「標準空気(Standard_Air)」を含むように設定します。

燃焼モデルが起動したら、燃焼モデルチェックボックスの近くにある[設定(Setup)・・・]ボタンを用いて、燃焼モデルの設定値を入力します。燃焼モデルのデフォルト設定を示すウィンドウが開きます。デフォルトの燃料はメタン火災用のものであるため、パラメータを変更する必要はありません。しかし、これらの設定が修正された前のケースから読み込まれるので、燃焼パラメータが正しい初期設定に設定されていることをチェックするよう常にアドバイスされます。

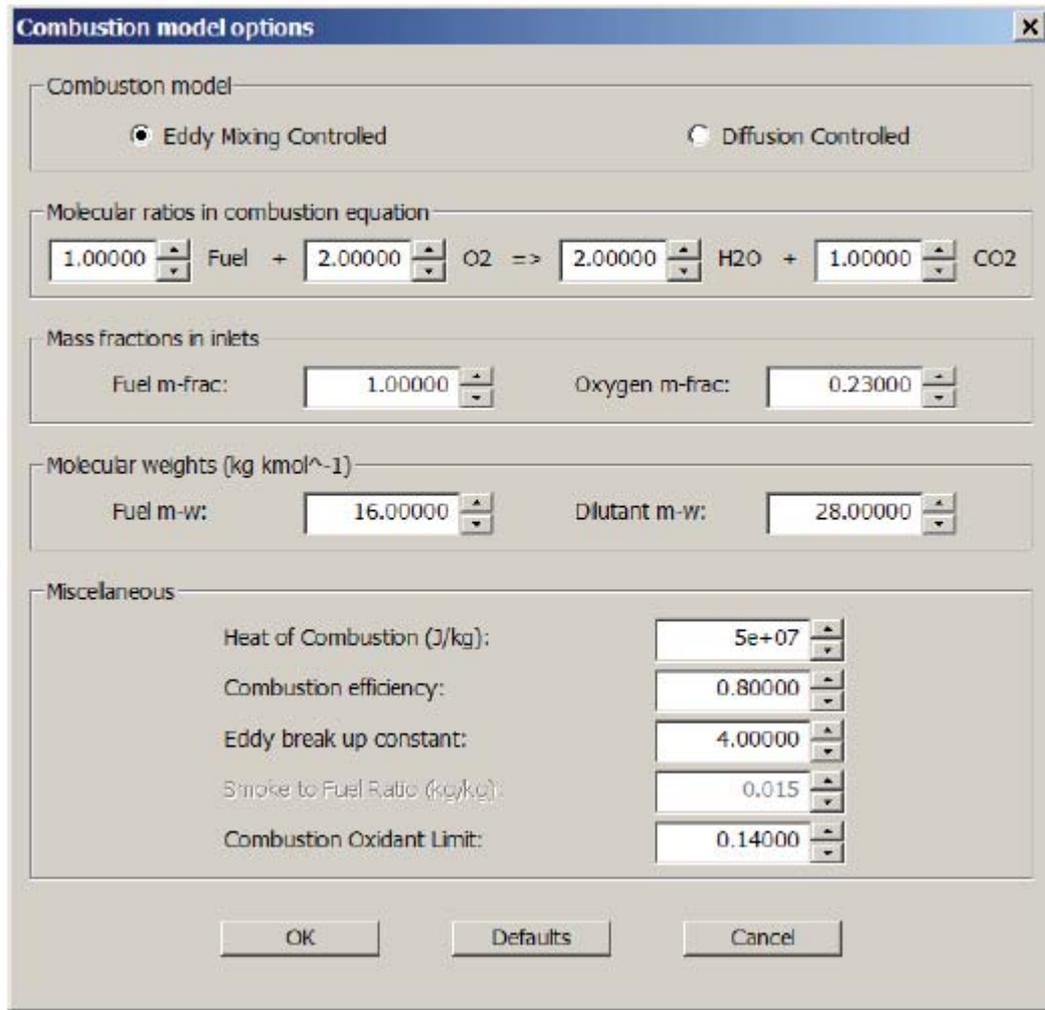
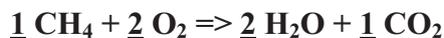


図25-78 燃焼(Combustion)モデルオプション。

燃焼モデルは、渦混合調節式(Eddy Mixing Controlled)の燃焼を用います。これは燃焼を乱流モデルに関連づけるため、比較的精巧な燃焼モデルです。

以下のパラメータを用いる場合、燃焼方程式における分子比はメタンに関して正確です。



吸気口における燃料質量留分は、デフォルト値の1.0(すなわち純粋な燃料の吸気口)のままにします。また吸気口における酸素質量留分は、デフォルト値の0.23(すなわち空気中の標準的な酸素比)に設定します。

分子量は、燃料に関しては16.0に設定し(すなわち、メタン=CH₄=炭素^(a.w.=12)+4x水素^(a.w.=1)=12+4=16)、空気中の希釈物(dilutant)に関しては、28.0に設定します(すなわち、窒素=N₂=2x窒素(Nitrogen)^(a.w.=14)=28)。ちなみに、^{a.w.}の数字は指定された要素の原子の原子量(Atomic Weight)を表し、分子量(Molecular Weight)を計算するために用いられます。一般的に、平均原子量(Atomic Weight)は、当該要素のさまざまな同位体の相対存在量を考慮して用います。

空気中のメタン(Methane)に関する燃焼熱(Heat of Combustion)は、5.0e7J/kgです。燃焼効率(Combustion Efficiency)は、デフォルト値である80%(すなわち0.8)とします。また、渦破壊(Eddy Break up)定数は、デフォ

ルト値の4.0のままにします。燃焼オキシダント限界は燃焼を維持するのに必要な大気中の酸素の一部を指定します。この係数は非常に燃料の豊かな環境、限定された通風環境、大きい燃料熱源容積の核心の一部のみを担います。初期値は燃焼を維持するために必要な酸素の14% (すなわち0.14)と同等です。

ここで、気体燃料の放出と同等の火災ソースを作成する必要があります。放熱単純火災 (Heat Release Simple Fire were) に用いたパラメータは、初期の50kWから120.0秒後に2MWに上昇する値に対するものでした。時間方程式パラメータは、 $A=50.0$ 、 $B=0.0$ 、 $C=0.1285$ 、 $D=0.0$ 、および $E=0.0$ 、ただし、開始時間=0.0、および終了時間=120.0秒でした。変換をおこなうには、(体積熱リリース火災 (volumetric heat release fire) の) 放熱率条件を使用されている特定燃料の燃焼熱で除算します。この場合、 $A=150.0e3/5.0e7=3.0e-3$ 、および $C=0.1285e3/5.0e7=2.57e-6$ となります (条件がkWで書かれていましたが、燃料放出率のkgを求めるには、ワットおよびジュールで計算する必要があります)。燃料放出率に関してこれらの値を火災プロパティ (Fire Properties) ウィンドウに入力して、以下の燃料に相当する火災を求めます。

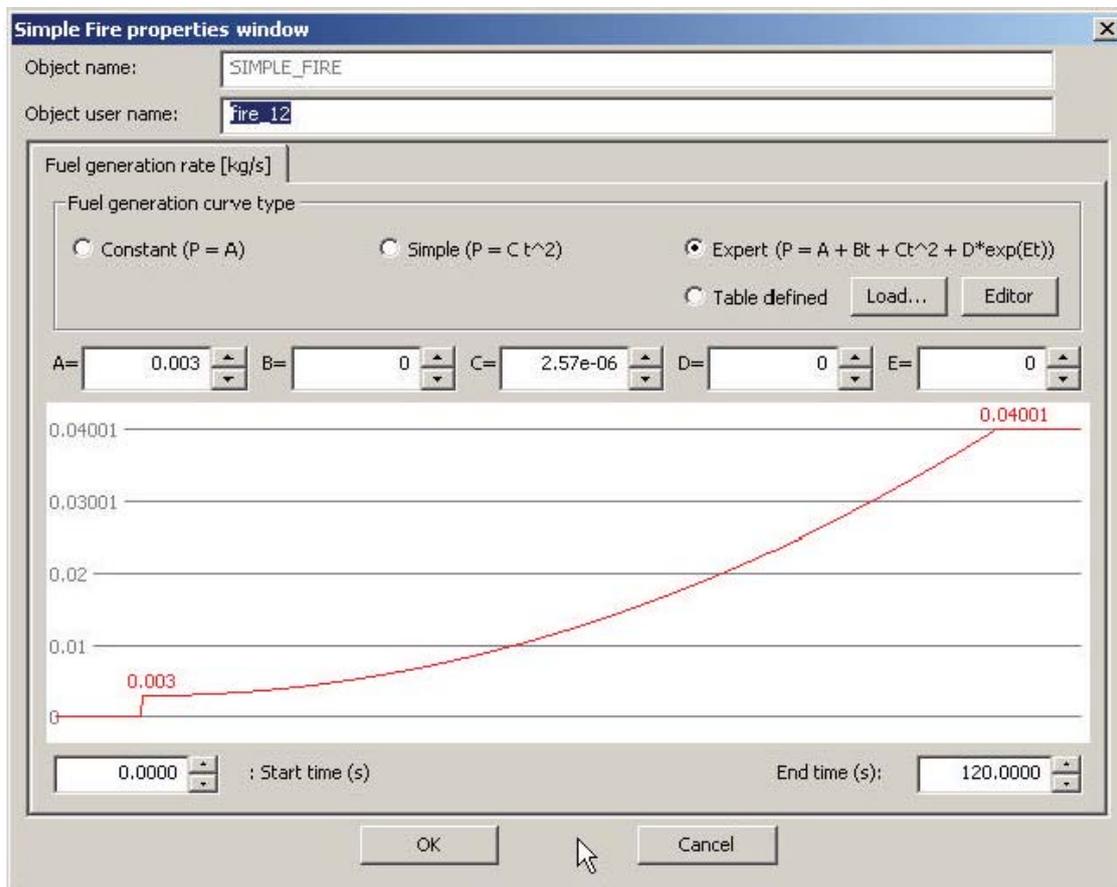


図25-79 同等の燃料放出率に関する火災プロパティ。

25.7.4 ステップ 3: 多重光線放射 (MULTIPLE RAY RADIATION) モデルを起動する

メインメニューから [エキスパート (Expert)] オプションを選択し、[エキスパートオプション (Expert Options)] 項目を選択します。2つのチェックボックスを含む単純なダイアログが開きます。ユーザーは [エキスパート問題設定を有効にする (Enable Expert problem set up)] をチェックして、多重光線 (Multiple Ray) 放射モデルなどのいくつかの追加機能を解除する必要があります。この操作が必要な理由は、初心者が任意のケースで多重光線放射 (Multiple Ray Radiation) モデルを使用してはならないことにあります。なぜなら、(不適切な光線の

選択や、火災および自由表面に関する特定の形状配列によって)火災が自由表面から分断され、それにしたがって多重光線放射モデルが不適切なパフォーマンスを示す可能性があるからです。問題タイプオプションウィンドウにアクセスするには、[シナリオ (Scenario)]メニューオプションおよび、[問題タイプ (Problem type)]項目を順に選択します。放射モデルは、すでに前のチュートリアルからアクティブであるはずですが、(放射 (Radiation)チェックボックスの近くの)[設定 (Setup)…]を選択し、放射 (Radiation)モデルオプションウィンドウに入力します。これで、多重光線放射モデルが利用可能になり、放射 (Radiation)モデルオプションウィンドウで適切なラジオボタンを用いて選択することができます。

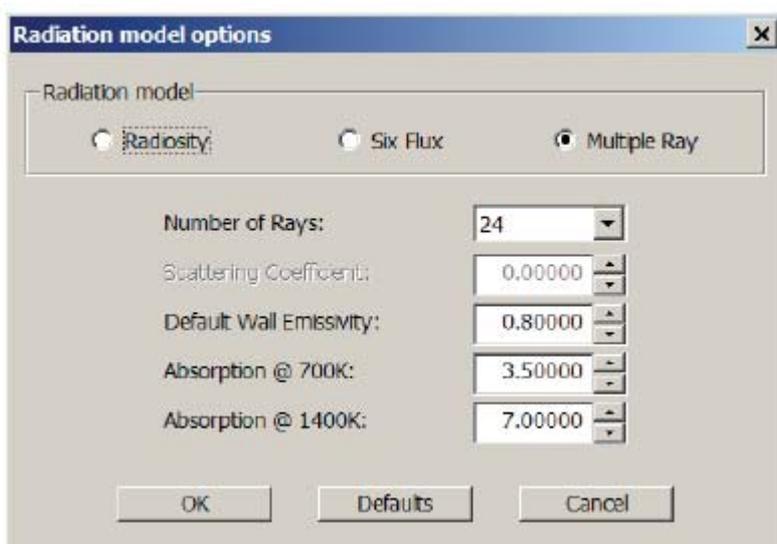


図25-80 24の光線を用いる多重光線放射の選択を示している放射 (Radiation)モデルオプションウィンドウ。

このチュートリアルでは、24の光線を用いて多重光線 (Multiple Ray)放射をモデル化することが推奨されます。

25.7.5 ステップ 4: シミュレーション用のメッシュを作成する

ケースの物理特性の処理に関する変更が満足したら、メッシュ作成システムを実行する必要があります。メインメニューからメッシュ自動生成ツールを実行するには、[実行 (Run)]オプションおよび[メッシュの作成 (Create Mesh)]を順に選択します。メッシュ作成ツールのユーザーインターフェースが開きます。メッシュ自動生成ツールはまず、現在の形状に関して、以前に作成された既存のメッシュがあるか否かを判断します。利用可能なものがある場合は、既存のメッシュを読み込むか、あるいは新規のメッシュを作成するかのオプションが与えられます。チュートリアル4から実際に形状を変更していないため、既存のメッシュが利用可能な場合は、それを利用することが許容されます。既存のメッシュが利用可能ではない場合は、単純に、以下の指示に従ってメッシュを再指定します。

形状およびモデリングの問題がすべて解決されたら、メッシュ生成システムは形状を分析し、セル割当てウィンドウを表示します。このウィンドウでは、メッシュ自動生成システムの推奨セル割当て数が表示され、それぞれの座標方向に関して、ユーザーが選択できる個別のセル割当て数が示されます。このケースは、コースメッシュとしてメッシュ化することが推奨されます。(通常、ケースが正確に指定され、すべての物理特性および数値が期待どおりに振舞うことをチェックするための適切なオプションです)。残念ながら、コースメッシュに関しては、メッシュ生成システムできわめて均一なメッシュを作成するには困難が伴います。したがって、選択的に

一定のメッシュブロック(オブジェクト間およびオブジェクトを通過するメッシュスライス)を改良して、適度に均一なコースメッシュを作成するには、手動メッシュエディタを用います。セル割当て(Cell Budget)ウィンドウは、以下のように表示されます。

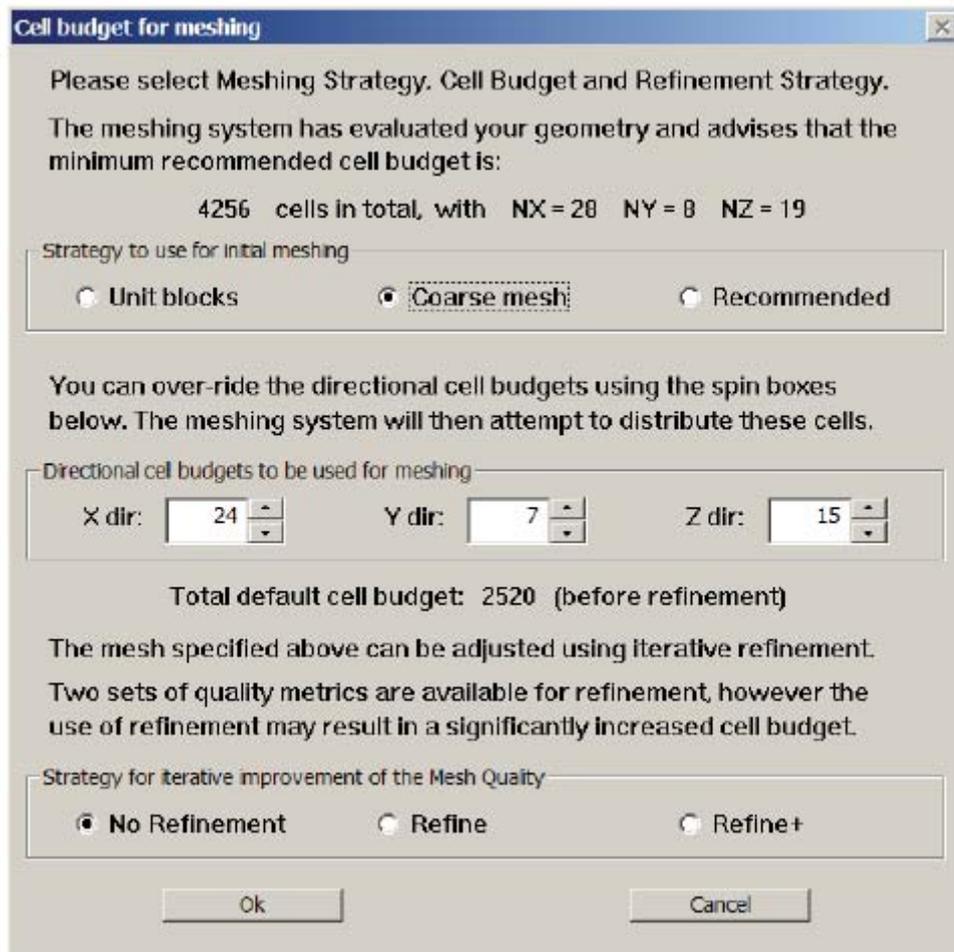


図25-81 メッシュ生成のためのセル割当て。

コースメッシュを用いた最初のメッシュ生成の試みは、以下のように表示されます。

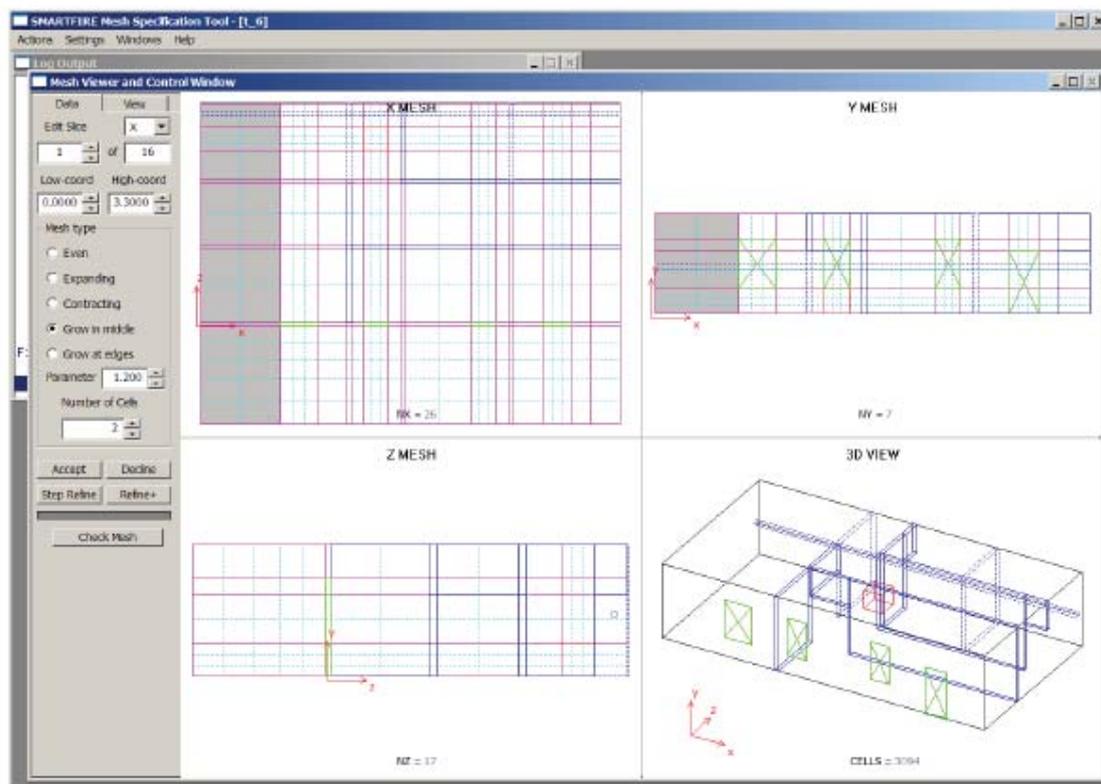


図25-82 自動メッシュ生成システムによる最初のコースメッシュ。

形状が予測通りに動作することをチェックするため、このコースメッシュはシミュレーションの試運転に対してのみ適用されます。正確な結果が必要とする場合、製品実行に対するメッシュの質を確保するには、[Refine+] ボタンの使用が勧められます。

メッシュスライスのセル数を調整することによって、適切にメッシュを作成できるよう手作業でメッシュを精製することができます。「Slice」選択コンボボックスとスライス数スピンドボックスが精製するスライスを強調するのに使われます。一般的に表示windowの必要なスライスでポイントし(マウスポインタとボタンで)、現在のスライスをアクティブにすること(グレー=内部領域影、緑=外部領域影に強調)は簡単です。各メッシュディスプレイウィンドウは表示された方向のいずれかで編集可能です。編集する現在のブロックが強調され、[Data]パネルでその部分のセルの数を変更できます。

どのシミュレーションに関しても、絶対に正しいメッシュはありません。ユーザーは経験を通じて、セルをいつ、どこで改良する必要があるかの知識を最終的に獲得します。一般的に、メッシュを改良するとき以下の点を考慮します。

- (1) 火災は浮揚性の高い煙流を生成しますが、障害物の周囲で空気が同伴すなわち一緒に運ばれるため、周辺に曲がることもあります。煙流に可能な限り多くの自由度を与えるために、火災付近で追加的なセルを提供することは良い方法です。
- (2) 通気孔は、さらに高速の流れが通過する可能性が高いため、通気孔の高さと幅にわたって可能な限り多数のセルを持つことにより便益が生じます。
- (3) 浮揚性の煙流が天井(あるいは壁)に影響を与えるところでは、天井ジェットにおいて煙流の回転を考慮するために、可能なかぎり多数のセルをもたせる必要があります。
- (4) 隣接したメッシュセルのサイズが大きく異なるのは、適切ではありません。

(5) 平らに押しつぶされた(すなわち細長い)メッシュセルを含むのは、適切ではありません。

メッシュ上の[Refine+]を使ってオプション結果は次のメッシュを提供します：

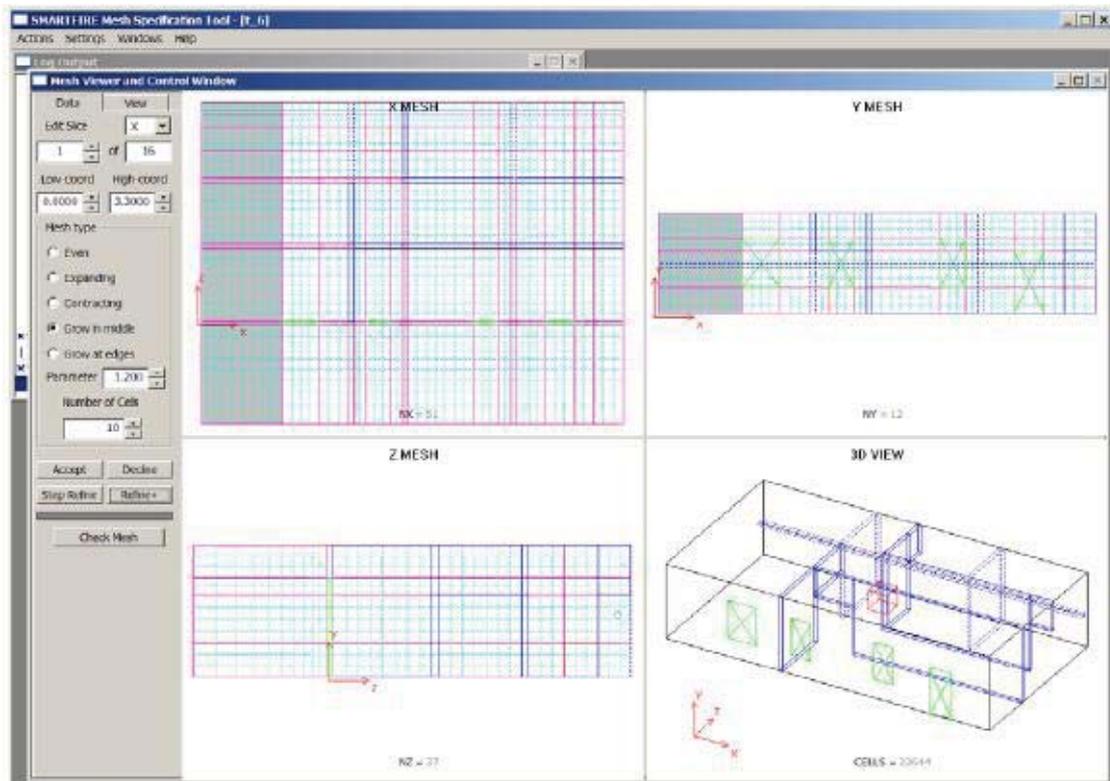


図25-83 手で編集され、改良されたメッシュ。

これでメッシュが完成し、シミュレーションのために保存することができます。[確定 (Accept)] ボタンを押すと、メッシュおよびシナリオの指定が、CFDエンジンが読み込む指定ファイルのセットとして保存されます。また[確定 (Accept)] ボタンを押すと、自動メッシュ生成ツールが閉じ、コントロールがSMARTFIREケース指定環境に戻ります。

25.7.6 ステップ 5: CFD エンジンを実行する

最後の段階では、SMARTFIREのCFDエンジンコンポーネントを用いて、数値シミュレーション自体を実行します。CFDエンジンを実行するには、メインメニュー項目[実行 (Run)]および、[CFDエンジンの実行 (Run CFD Engine)] オプションを順に選択します。数値CFDエンジンが起動し、ケース指定および作成したばかりのメッシュを自動的に読み込みます。この段階はかなりの量のファイル解析、メモリ割当て、および初期化を伴うため、少し待たなければならないことがあります。最終的に、CFDエンジンに関するユーザーインターフェースが完全に表示されます。注意点として、かなり低い解像度のディスプレイを用いている場合は、有用な表示を作成するために、CFDエンジンユーザーインターフェースがさらに小型のウィンドウおよび少し異なるレイアウト(最初は閉じられたウィンドウが多いなど)によって表示されることがあります。

CFDエンジンがデータを読み込み、必要な初期化をすべて実行したら、ユーザーインターフェースが未処理のシミュレーションケースのビューとともに表示されます。初期のCFDエンジン表示は、以下のように表示されます。

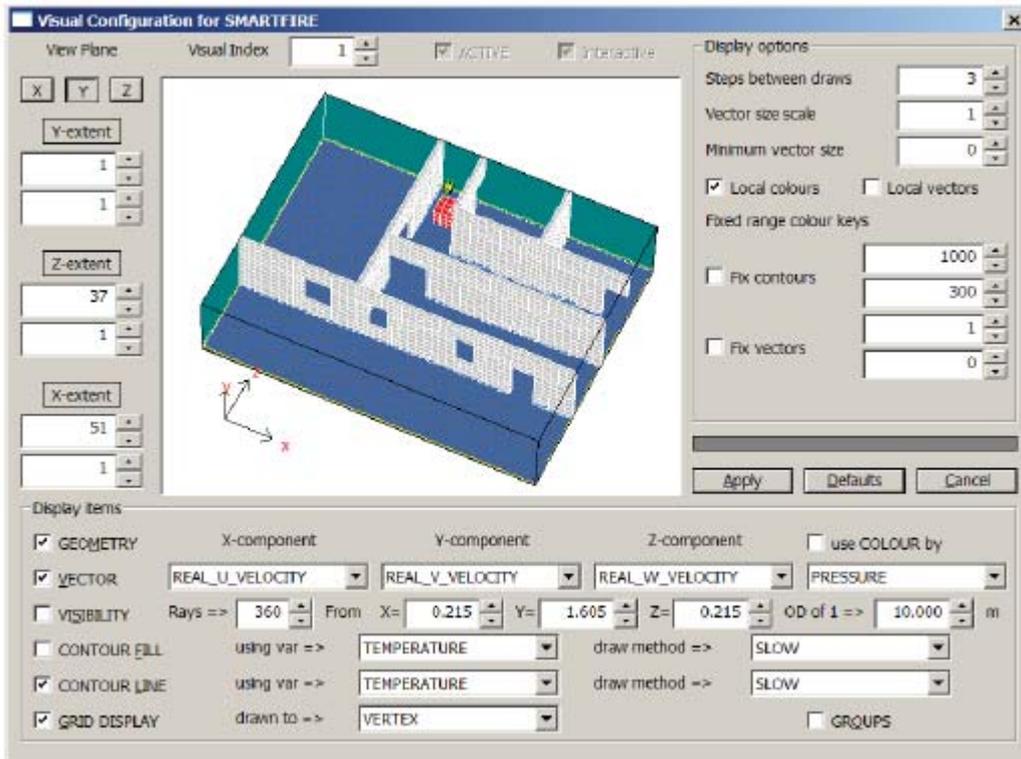


図25-85 最も低いY-レイヤのセルを表示するために選択しているビジュアル設定 (Visual Configuration)。

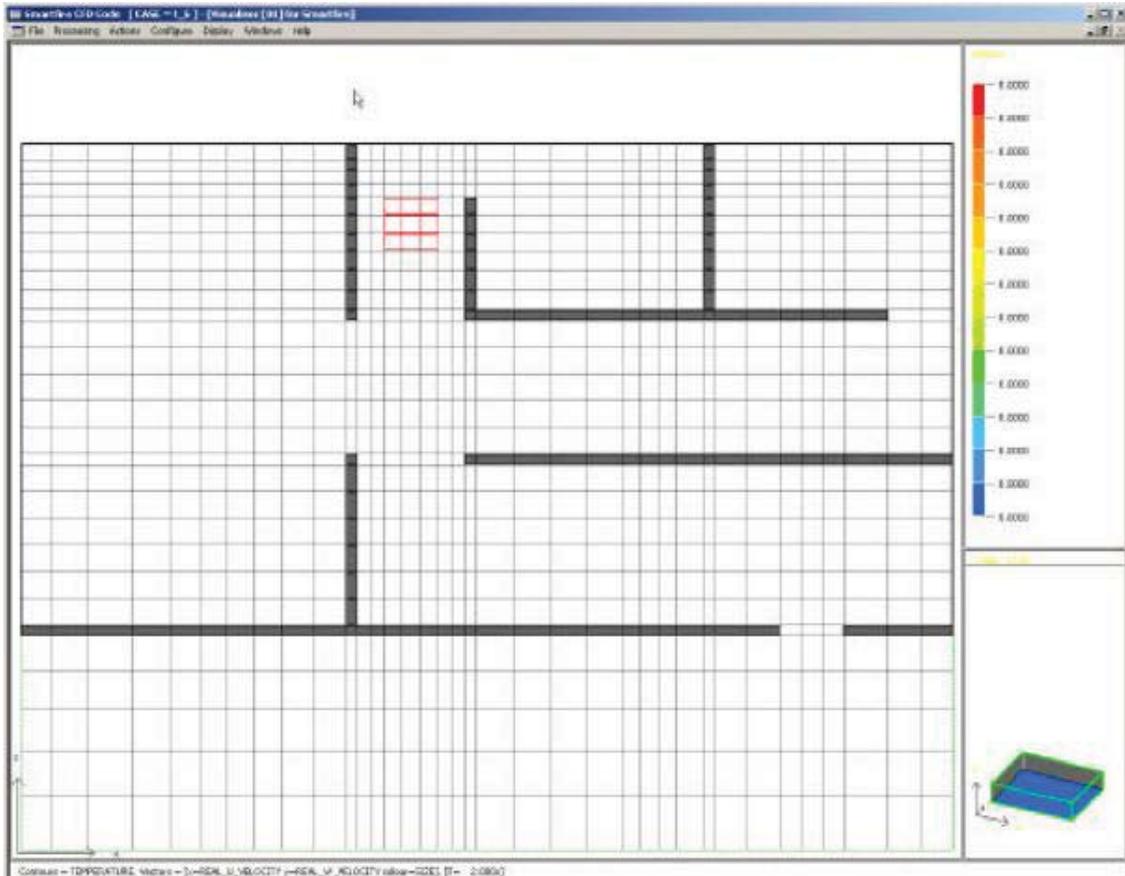


図25-86 火災位置を示している、セルの最も低いY-スライスの可視化。

X=22スライスを選擇後(正確なインデックスは使われたメッシュに依存していますが、ユーザーはそれが火

の中心を通過することをチェックするべきです)、次のビジュアルディスプレイがユーザインタフェースに現れます。

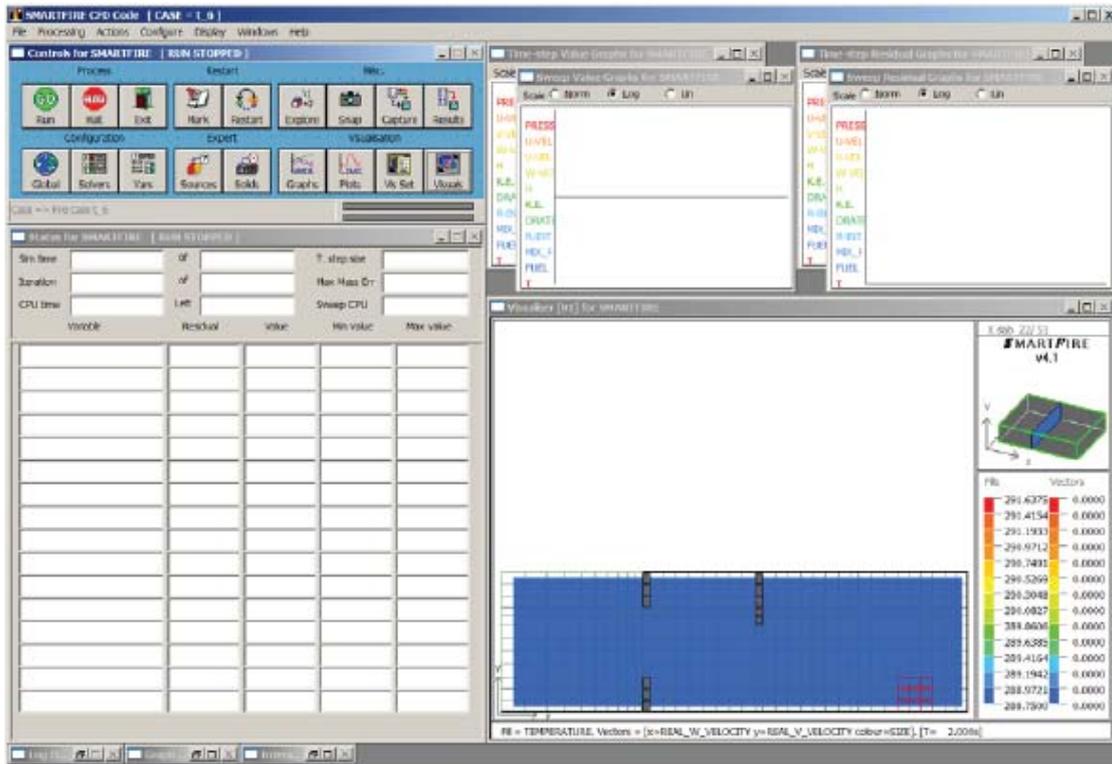


図25-87 火災を貫通するさらに興味深いビジュアルスライス面を選択した後のSMARTFIREユーザインタフェース。

ビジュアル設定ウィンドウは、ビジュアライザに表示されている機能を変更するために利用することもできます。上の画像において、「温度 (TEMPERATURE)」の[コンタ塗りつぶし (Contour Fill)]オプションが起動されています。これは、特に同じディスプレイにおいて速度のベクトルを用いる場合、これにより火災面において温度がもっとも明確に表現されるからです。

シミュレーションを始める前に、シミュレーションからのデータキャプチャの形式および頻度を考慮する価値があります。特定の時間における状況がどのようなものかを見たいだけの場合は、必要なシミュレーション時間に到達するまでシミュレーションを実行すればよいことです。このシナリオでは、これらの状況がいつ起きるかわかっていません。したがって、いつ一定の状況が発生したかを解析するために十分なデータを保存することが必要です。ユーザーは、メインメニューから[設定 (Configure)]メニューを開き、[データキャプチャ (Data Capture)]を選択します。データキャプチャ設定 (Data Capture Configuration)メニューが表示され、シミュレーションの実行中(および終了時)に保存されるデータの頻度および特性を設定することができます。このシミュレーションで、ユーザーはそれぞれの時間ステップの終了時に結果、グラフ、およびビジュアルを保存することが推奨されます。この設定をおこなうには、メニューの「自動一過性アウトプット (Automatic Transient Outputs)」セクションで適切なチェックボックスをチェックします。

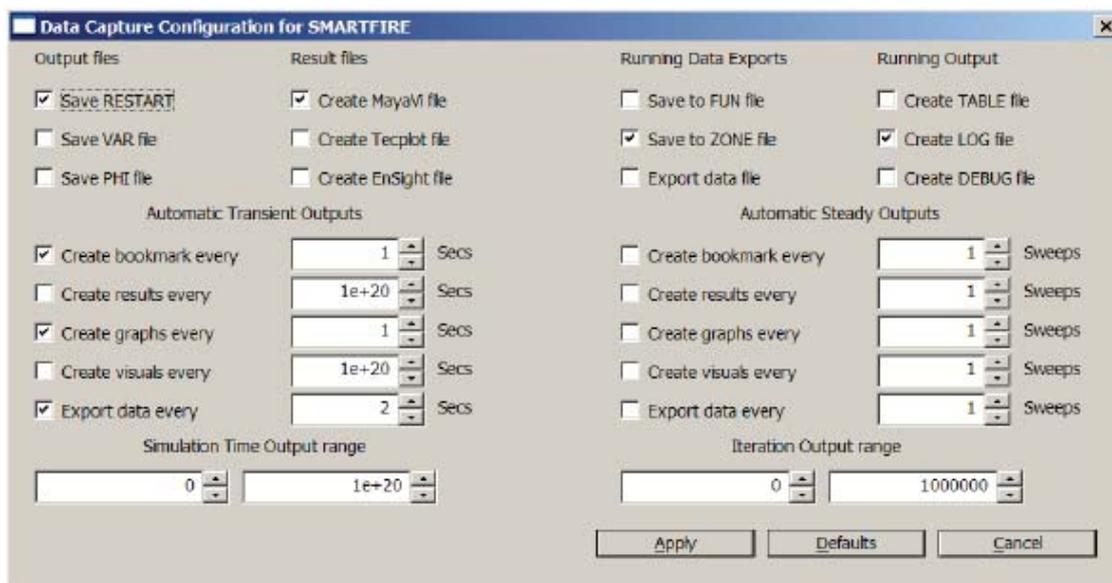


図25-88 データキャプチャ設定 (Data Capture Configuration) メニュー。

すべての項目を設定したら、シミュレーションシナリオのプロセスを開始することができます。

数値シミュレーションを始動させるには、緑(「進む(GO)」)のアイコンが付いた[実行(Run)]ボタンを押します。すると、シミュレーションプロセスが始動します。任意の時間にシミュレーションを停止するには、赤(「止まる」)アイコンが付いた[一時停止(Halt)]ボタンを押します。また、任意のポイントにおいてシミュレーションを終了させるには、[終了(Exit)]ボタン(小さいドアのアイコン)を押します。そのほか、専門家がソリューションプロセスの設定を細かくコントロールできるいくつかのボタンおよびコントロールがあります。ただし、ユーザーガイドで推奨されないかぎり、専門家以外がコントロール設定を変更することは推奨されません。

ユーザーインターフェースのグラフィカルウィンドウは、シミュレーションプロセス実行中に、データおよびシミュレーションのステータスのさまざまなビューを表示します。調べる項目は以下のとおりです。

- 1) 数値シミュレーションプロセスにおける解決および計算された変数の収束を示す残差グラフ(右上)。
- 2) さまざまな重要な変数のモニター値および変数残差(現在のソリューションエラー状況)がステータスウィンドウに表示されます(左下)。
- 3) 特定の選択された部屋のスライスに関して発生しているベクトル流および温度コンタのパターンがビジュアライザウィンドウに表示されます(右下)。これでSMARTFIREは、それぞれ完全に独立したビューおよび表示選択項目を含んでいる複数の可視化ウィンドウを維持することが可能です。
- 4) それぞれの変数に関するデータ分布範囲がステータスウィンドウに表示されます(左下)。
- 5) コントロールウィンドウの右下(可視化ボタンの下)に進行状況表示バーがあります。これらのバーは、ソリューションの進行状況を示します。上のバーは1回のスイープごとに満たされ、下のバーは、設定されたシミュレーション全体が完了すると満たされます(左上)。
- 6) ステータスウィンドウには、現在の処理段階を示すスイープ数および時間ステップ数(一過性のシミュレーションのみ)を表示するディスプレイがあります。(左下)。
- 7) ステータスウィンドウは、これまでに費やした、および残りの推定CPU時間を示します。これらは推定にしませんが、シミュレーションの予想継続時間の適切な概算が得られます(左下)。
- 8) SMARTFIREの重要機能の1つは、ブックマークを保存し、保存したブックマークからいつでも再起動で

きるアクセスです。[マーク(Mark)]という名のコントロールボタンは、このケースに関するデータベースに、ソリューションの現段階のブックマークをドロップします。[再起動(Restart)]ボタンを用いると、以前のブックマークの状態が読み込まれ、その後のプロセスは起こらなかったものとされます。これは、エキスパートソリューションコントロールを必要とする問題のあるシミュレーションや、あるいは単純に、将来検討用のデータ保存の際にきわめて貴重です。(左上)。

- 9) [プロット(Plots)]というラベルが付けられたコントロールボタンを用いると、データから線グラフを定義することができます。これらの線グラフは、ソリューションが進行するにつれて更新されます(左上)。形状指定において作成されたモニター線を表す1つのプロット(Plot)ウィンドウが表示可能になります。

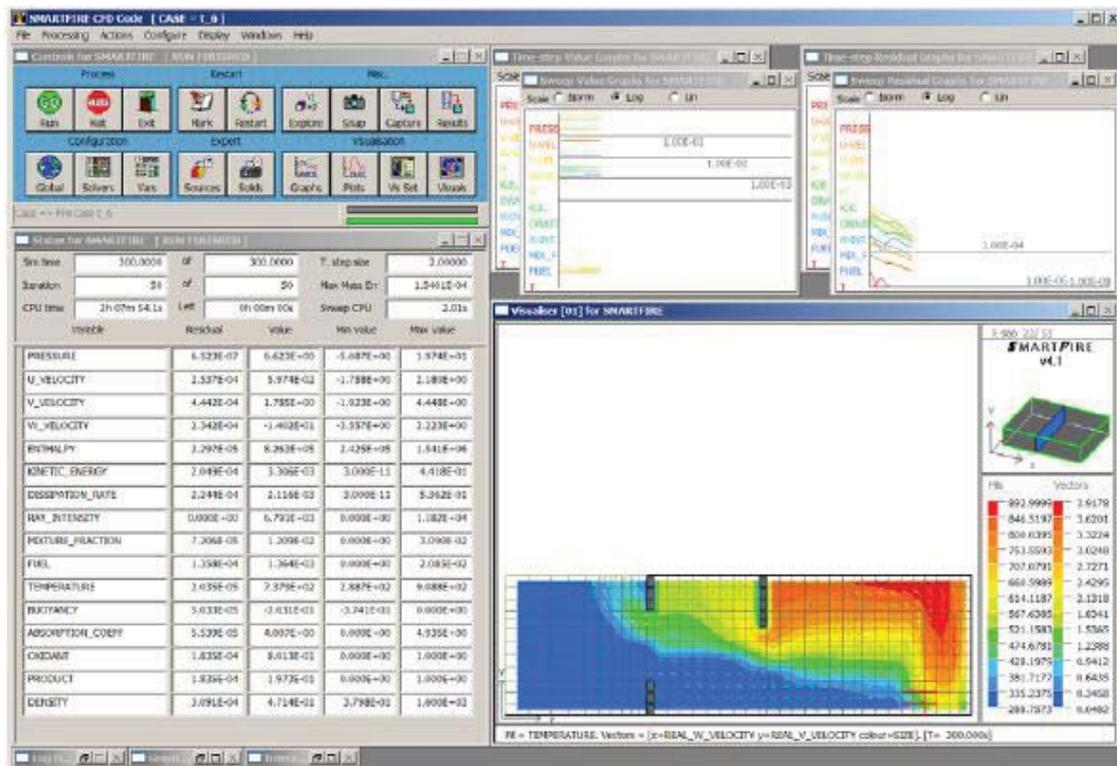


図25-89 シミュレーションの最終段階を示しているSMARTFIREユーザーインターフェース。

25.7.7 ステップ 6: SMARTFIRE の結果を解釈する

チュートリアル4と同様に、このシミュレーションケースがコースメッシュを用いて実行されたという事実は、安全限界評価に関して、結果を完全に信頼できないことを意味します。また、完全な収束をつねに保証することに関してあまり厳密ではありませんでした(ただし、時間ステップ終了時の収束履歴の簡潔な調査、すなわち時間ステップ残差グラフ(Time Step Residual Graph)は、このコースメッシュシミュレーションに関してはほとんどの時間ステップが適切な収束状態で終了したことを示しています)。

このシミュレーションの目的は、火災に隣接する部屋が生命を脅かす状況を経験するまでのおおよその時間を求めることでした。モデル化されたシナリオで考慮されるのは温度の影響のみで、煙濃度、熱放射や有毒ガス濃度などの影響は考慮されていません。ここでもやはり、標準的な人に関する一般的な有害な曝露時間は、180°Cの温度の空気において約1分であることを考慮することによって、火災影響のおおよその理解を得ることができます。SMARTFIRE CFDエンジンがケルビン絶対温度で温度を計算していることに注意します。これを仮定すると、安全事項に関して120°Cの限界温度に到達することは、人間の生命に関して危険な状態が始

まることを意味します。シミュレーション実行中に、それぞれの部屋がモニター線の付近で120°C(393K)以上の温度に達した時間を決定するために、モニター線に関するプロットグラフデータを周到にチェックすることができます。

シミュレーションの終了時におけるモニター線プロットグラフの単純な調査によると、モニターされたすべての部屋が410K(すなわち137°C)以上の温度に達していたことがわかります。これは、チュートリアル4でみられた最終的な温度よりも、約90°C低いです。

この場合、多重光線放射モデルおよび燃焼モデルを用いることが、チュートリアル4でみられた結果にどのような影響をもたらすかを確認することにも関心があります。チュートリアル4のシミュレーションの結果は、以下の通りでした。

表25-90 チュートリアル4より、モニターされた室内の限界温度の検出時間を示す表(放熱容量(volumetric heat release)および6フラックス放射を使用)。

モニターされた部屋 (Monitored Room)	限界温度(Tcritical)以上の温度を示すグラフの時間ステップ数 (Time Step Number of Graph)	限界温度(Tcritical)以上のセルが最初にモニターされるまでの時間	限界温度(Tcritical)以上のすべてのセルがモニターされるまでの時間
大きい部屋(窓は1つ)	T.S.(時間ステップ)=59	118秒	126秒
火災に最も近い小さい部屋	T.S.(時間ステップ)=39	78秒	106秒
火災から最も遠い小さい部屋	T.S.(時間ステップ)=52	104秒	116秒

チュートリアル6で保存されたグラフプロットデータをさらに解析すると、以下の時間に限界温度に達することがわかります。

表25-91 チュートリアル6より、モニターされた室内の限界温度の検出時間を示す表(燃焼および24光線を用いた多重光線放射を使用)。

モニターされた部屋(Monitored Room)	限界温度(Tcritical)以上のセルが最初にモニターされるまでの時間	限界温度(Tcritical)以上のすべてのセルがモニターされるまでの時間
大きい部屋(窓は1つ)	144秒	156秒
火災に最も近い小さい部屋	126秒	134秒
火災から最も遠い小さい部屋	126秒	140秒

ここで以下のことがわかります。すなわち、燃焼モデルおよび多重光線放射モデルを利用したことによって、モニターされた部屋の安全時間が延長され、その時間は約2分の1分(大きい部屋および火災から遠く離れた小さい部屋)から1分(火災に最も近い小さい部屋)に及ぶことです。それぞれの時間は大きく変動することが予想されます。燃焼モデルおよび多重光線放射モデルの利用に関しては、一般的に、追加的な計算を相当量おこなうことによって火災シナリオにおける実際の状況にさらに近い概算が得られます。チュートリアル4のシミュレーションでは、所要CPU時間は4時間0分27秒でした。またチュートリアル6に関しては、所要CPU時間は9時間3分16秒でした。このことは、燃焼モデルおよび多重光線放射モデルによって所要CPU時間が少なくとも2倍に増加することを意味します。結果の特定の利用に関してこれほどの精度が必要かどうかを問うこともまた重要です。上記の解析では室内の安全時間を探索していますが、この時間に関しては控えめな推定値を得ることがおそらく適切です。

ここで以下の点に注意が必要です。すなわち、このチュートリアルの目的は、単一火災のモデリングシナリオ

に関する火災安全事項を厳密に研究することではなく、どちらかといえば、可能なシミュレーションの特性およびシミュレーション結果に関して問われる可能性がある質問のタイプを示すことです。

繰り返しますが、いずれのモデリング技術を利用するかは決定は、シミュレーションから得られる結果に大きな影響を及ぼす可能性があります。ここで、利用可能な最善のモデリング技術を選択することがつねに適切とはかぎらないことに注意が必要です。その理由は、おそらく許容できないほど長時間のランタイムや、特定の目的に関する結果解析が実際には内輪の見積もりや過大または過小評価をもつことによって容易になる点にあります。

25.7.8 ステップ 7: CFD エンジンを終了する

コードを出るには、ユーザインタフェースの[Exit]ボタンを選択してください。標準の終了では、*SMARTFIRE* CFDエンジンはより視覚的なポストプロセス(標準でない終了はファイルを保存せず、クリティカル・エラーが発生するときやメインウィンドウ[10]ボタンが押されるときに起こります)に使われる多くのファイルを保存します。最終的にCFDエンジンユーザインタフェースが閉じられ、オリジナルの形状セットアップツールに戻ります。火災モデリングケースの変更を保存したい場合、メインメニューから[File]次に[Save]オプションを選択してください。

興味深いことに、(完了したシミュレーションに関する)ケースディレクトリには、この演習中に作成された多くのファイルが収められます。これらのファイルのいくつかは、グラフィカルポストプロセッシングや、このシミュレーションを終了時点の段階から再起動する場合に利用することができます。また、シミュレーション実行中に保存したデータキャプチャファイルが含まれることもあります。

ここでチュートリアル6を終了します。

26 SMARTFIRE 上級チュートリアル

26.1 はじめに

以下のチュートリアルは、ユーザーがSMARTFIREを用いてCFDにもとづく火災シミュレーションの構築、実行、および解析のさまざまな側面を学ぶために用意されました。

最初の4つのケースは、廊下に連結された2つの小さい部屋の形状に関するものです。部屋の1つは外部に通じる通気孔が付いています。これら4つのケースを通して、火災シナリオおよびさまざまなツールの性能の利用における精度向上を探究します。

- ・ チュートリアルA1では、1つの部屋の室内において単純な放熱率の火災ソースを設定します。部屋に連結するすべてのドアは開いています。
- ・ チュートリアルA2では、チュートリアルA1のケースを解析するために、SMARTFIRE CFDエンジンのポストプロセッシングおよびデータ解析機能を用います。
- ・ チュートリアルA3では、チュートリアルA1の出力結果を用いて、データビュー(DataView)ツールのポストプロセッシングおよびアニメーション機能を調べます。
- ・ チュートリアルA4では、気体燃焼を用います。また、既定の温度で発火する2次的な火災ソースを2番目の室内に設定します。連結ドアは、最初は閉じています。
- ・ チュートリアルA5では、CADファイルインポートを導入し、大規模なフロア平面図からシナリオを作成できるようにします。
- ・ チュートリアルA6では、SMARTFIRE CFDエンジンのパラレルバージョンを用いて、2部屋のシナリオをシミュレートします。

すべてのケースにおいて、使用されているメッシュに関して得られた収束レベルをメモしておきます。実習では、シミュレーションの結果を確認できるように、主として粗メッシュを用います。しかし一般的には、はるかに微細なメッシュ(またそれに伴ってさらに長い処理時間)を用いてこれらのケースを実行します。

26.2 チュートリアル A1

26.2.1 形状の指定

下の図に示すように、形状は相互に連結された3つの区画を伴います。

このチュートリアルで、シミュレーション全体を通じてすべてのドアは開いていると想定されます。

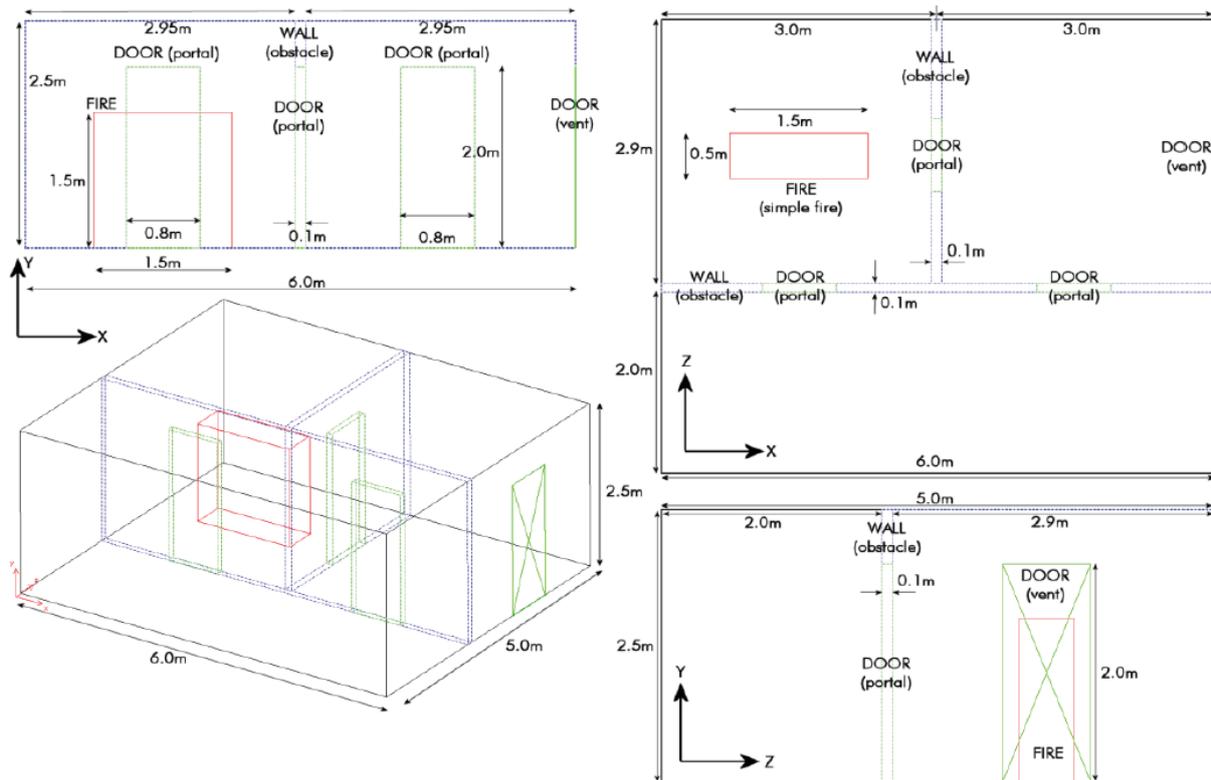


図26-1 高さのある火災と開いたドアを伴う3室の形状。

26.2.2 シナリオの指定

形状範囲 (geometry region) のサイズを設定してください:

範囲 (Region) のサイズは、(6.0、2.5、5.0) です。

(ケース指定環境を用いて) 以下のオブジェクトを作成してください:

長い壁 [障害物 (OBSTACLE)]

位置 ($x=0.0, y=0.0, z=2.0$) サイズ ($dx=6.0, dy=2.5, dz=0.1$)

短い壁 [障害物 (OBSTACLE)]

位置 (2.95, 0.0, 2.1) サイズ (0.1, 2.5, 2.9)

開いたドア [Zで開いている入口 (PORTAL)]

位置(1.1, 0.0, 2.0) サイズ(0.8, 2.0, 0.1)

開いたドア[Zで開いている入口(PORTAL)]

位置(4.1, 0.0, 2.0) サイズ(0.8, 2.0, 0.1).

開いたドア[Xで開いている入口(PORTAL)]

位置(2.95, 0.0, 3.1) サイズ(0.1, 2.0, 0.8).

開いたドア[高X面上の通気孔(VENT)]

位置(6.0, 0.0, 3.1) サイズ(0.0, 2.0, 0.8).

火災[単純火災(SIMPLE FIRE)]

位置(0.75, 0.0, 3.25) サイズ(1.5, 1.5, 0.5).

火災(Fire)を選択し、火災プロパティ(Fire Properties)を以下のように設定してください:

エキスパート放熱(Expert Heat release)

ただし、A=50, C=0.005 および終了時間(END_T)=300秒(500kWまで上昇)。

シナリオ(Scenario) => 問題タイプ(Problem Type)を以下のように設定してください:

流れ(Flow)、熱(Heat)、および6フラックス(Six flux)放射、

10秒間の時間ステップを30回伴う一過性、

時間ステップごとに50スイープ。OKを選択して、設定を確定します。

26.2.3 モニタリング

モニターする以下のオブジェクト(Monitoring Objects)を作成してください:

以下の事項に関する[モニター線(MONITOR LINE)オブジェクト]グラフを作成します。

1) Y座標に対する温度(TEMPERATURE)分布。

および

2) 4つの各ドアの縦の中心線に沿った、Y座標に対する水平速度分布。

3) 廊下中央の垂直層に相当するY座標に対する温度分布。

水平速度コンポーネントは開口部の方向に依存するため、開口部に面しているXは、水平速度コンポーネントとしてのU速度をもつことに注意します。

以下のとおり設定することによって、30秒、1、2、3分におけるこれらの分布を保存します。

シナリオ => 出力コントロール(Output Control) => 一過性グラフ保存を利用(Use Transient Graph Save)

3つの時間ステップ(30秒)ごとに保存する間隔を設定します。

次の名前のファイルが作成されます:

「plot_t_data_#plot_num_#time_step_num.gpd」

26.2.4 データの収集 (重要---チュートリアルA3に関連)

以下に従って、結果ファイルの保存を30秒間隔に設定します。

シナリオ=>出力コントロール(Output Control)=>一過性グラフ保存を利用(Use Transient Graph Save)

すべての時間ステップごと(10秒ごと)に保存間隔を設定します。

26.2.5 メッシュおよびシミュレート

メッシュ生成のオプション:

「tut_case_A1」という名前でケースを保存します。

実行(Run)=>メッシュの作成(Create Mesh)を選択します。

重なりは無視を選択します(出入口(PORTAL)により壁を通過する開口部を作ることを望みます)。

形状タイプは、「標準的な部屋形状(Standard Room Geometry)」を選択します。

メッシュ生成システムがY+方向において拡張範囲を追加することを中止します。

「改良(Refine)」オプションにより、メッシュ生成のセル割当て量は、「推奨メッシュ(Recommended mesh)」を選択します。

メッシュを確定します(これにより、*SMARTFIRE* CFDエンジン用のスクリプトファイルが作成されます)。

シミュレーションの実行:

実行(Run)=>CFDエンジンの実行(Run CFD Engine)を選択します。

CFDエンジンが初期化して完全に開くまで待ちます。

[[進む(GO)]/実行(Run)]ボタンを押して、シミュレーションを開始します。

任意の時間に[停止(Stop)]ボタンを押して停止し、データ/設定値を検討します。

シミュレーションの終了時に、CFDエンジンを終了したり閉じたりしないでください。このシミュレーション終了状態における*SMARTFIRE*がチュートリアルA2で必要になります。

26.2.6 結果および解析

結果/観察:

3分間のシミュレーションの終了時における最高温度は何度ですか？

達成した収束レベルをメモします。

許容範囲内の収束レベルが達成されたと思いますか？

シミュレーションが開始してから30秒、1、2、3分後に必ずモニターデータ、すなわちそれぞれのドアの垂直の中心線に沿った温度および水平速度の分布、ならびに廊下中央における垂直の温度分布を保存します。

別のチュートリアルケースと比較するために、このデータが必要になります。

26.3 チュートリアル A2

26.3.1 対話型 CFD エンジンにおけるランタイムデータ解析

このチュートリアルでは、*SMARTFIRE* CFDエンジンにおけるいくつかのデータ解析ツールを利用して、既存のチュートリアルケースA1のシミュレーションによるデータのポストプロセスおよび解析をおこないます。チュートリアルケースA1が実行を終了し、またCFDエンジンはシミュレーションの終了時において待機していると想定されます。

用いる解析ツールは以下のとおりです：

- ・ データエクスプローラ (Data Explorer)
- ・ プロットグラフ (Plot Graphs)
- ・ 関数ソルバー (Function Solver)

26.3.2 データエクスプローラ (Data Explorer)

(ビジュアルエリアでマウスをクリック/ドラッグすると、形状の回転/サイズ変更ができることを思い出してください)

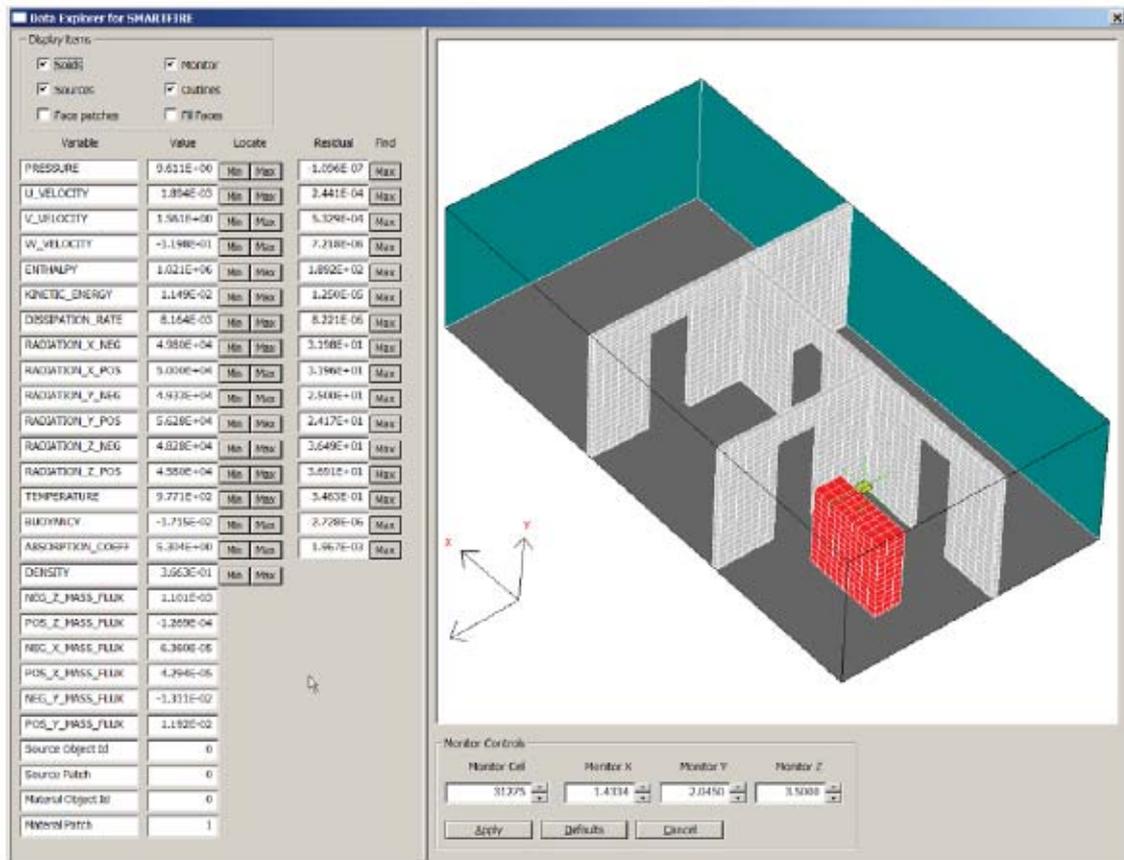


図26-2 SMARTFIREデータエクスプローラ(Data Explorer)ウィンドウ。

[探索 (Explore)] ボタンを押すか、あるいは表示 (Display) => データの探索 (Explore Data) を選択します。

可能なかぎりエクスプローラウィンドウのサイズを拡大します。利用可能なすべてのデータツールを確認するために、センターバーを右にドラッグします。

最小・最大値ならびに最大残差ボタンを用いて、最大圧力、最小密度、最大エンタルピー残差、および最大温度を「発見」します。セル番号およびその座標位置を記録します(異なるメッシュとの比較ができます)。

26.3.3 プロットグラフ

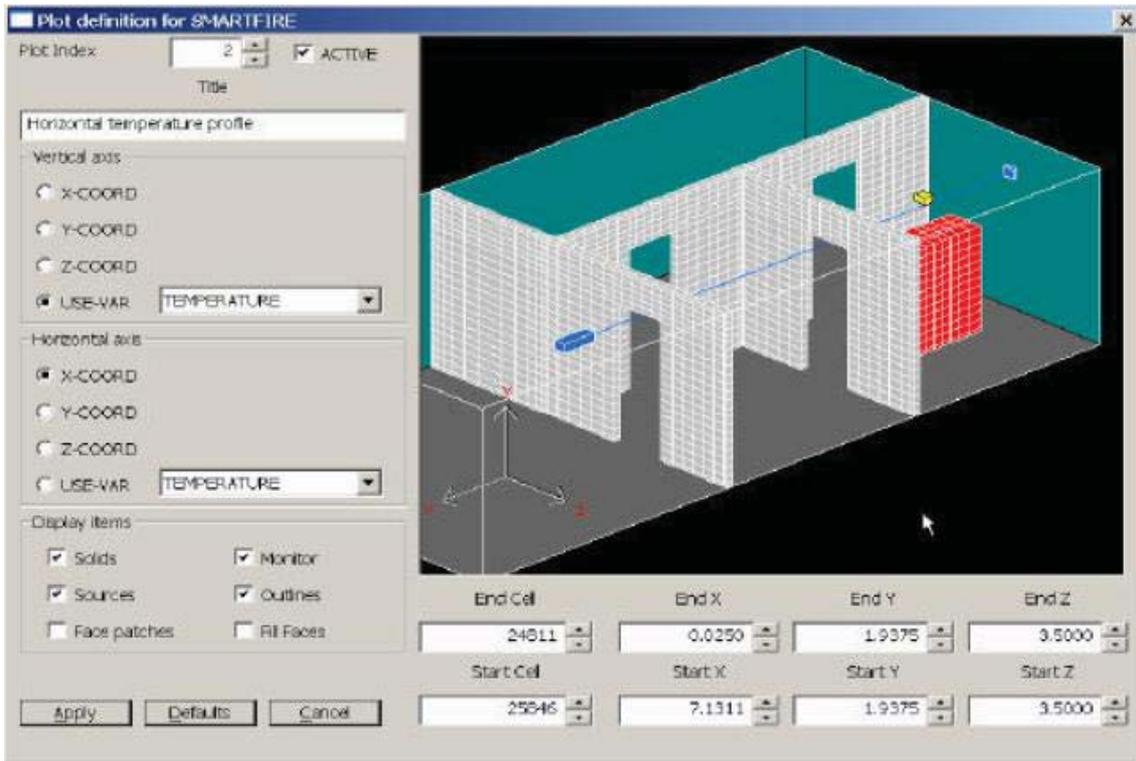


図26-3 SMARTFIREプロット定義(Plot Definition)ウィンドウ。

[プロット(Plots)]ボタンを押すか、表示(Display) => グラフの定義(Define Graphs)を選択します。

まだアクティブになっていないグラフが見つかるまで、プロット指数(Plot Index)を増加させます。(これにより、ケース指定環境から既存のグラフを変更することを回避します)。

[アクティブ(Active)]チェックボックスを用いて、この新規グラフ定義をアクティブにします。

このグラフに「水平T分布図」という名前を付けて、認識できるようにします。

開始および終了の座標位置を用いて、2つの部屋のドアの中心および出入口の最上部のすぐ下を通過するグラフの線を作成します。すなわち(0.0、1.9、3.5)および(7.0、1.9、3.5)のポイント間です。

垂直のグラフ軸を選択して、[VARを利用(USE VAR)]温度(TEMPERATURE)とします。

[X座標(X-COORD)]にする水平のグラフ軸線を選択します。

設定を[適用(Apply)]し、新規グラフプロットウィンドウを開きます。

グラフプロットデータをファイルに保存するには、[結果(Results)]を選択し、[グラフデータの保存(Save Graph Data)]のチェックボックスをチェックしてから、[すぐに保存する(Save Now)]を押します。それぞれのグラフがファイルに保存され、「g#plot_index_#save_index.gpd」という名前が付けられます。

26.3.4 関数ソルバー(FUNCTION SOLVER)

以下を用いて、関数ソルバー(Function Solver)ウィンドウを開きます。

表示(Display) => 機能ソルバー(Function Solver)

火災区画の中が見やすいように形状を回転させるために、ビジュアルエリア上で選択およびドラッグします。

体積によって範囲を選択し、明るい緑色のアウトラインで示したボックスが火災区画の壁のすぐ内側に入るように、始点と終点の座標を設定します。

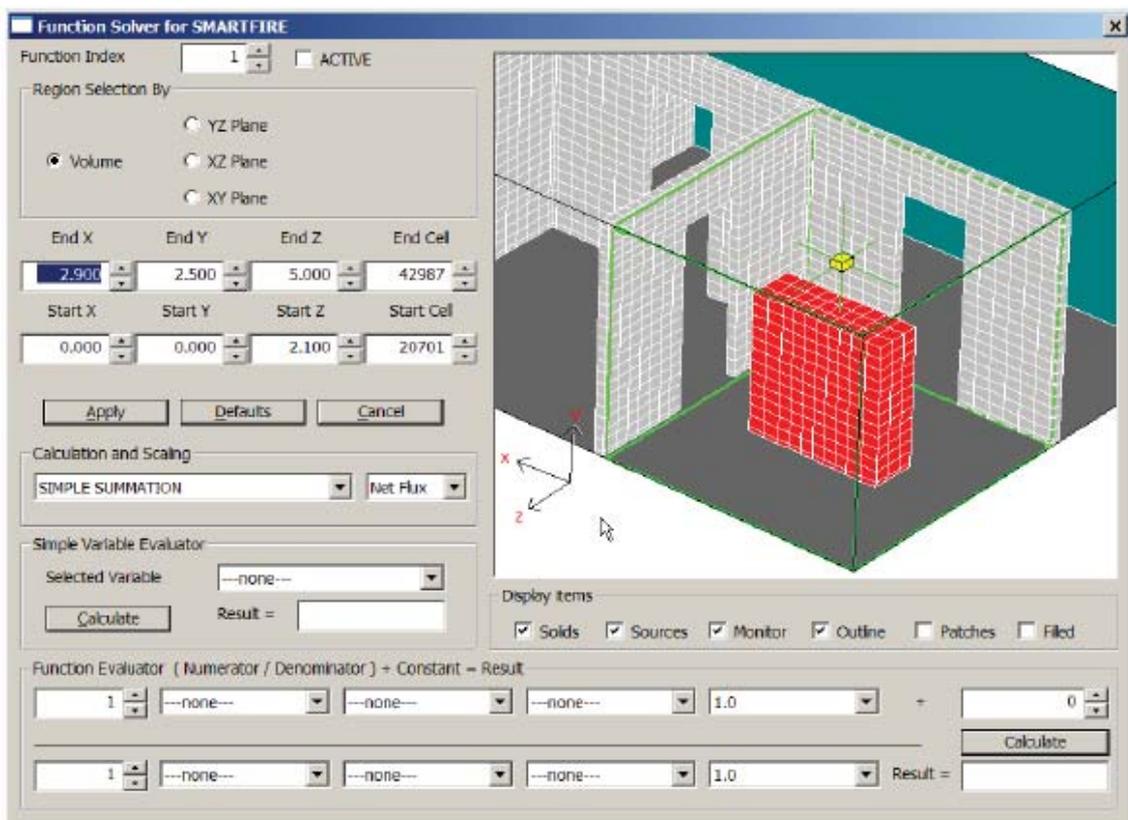


図26-4 SMARTFIRE関数ソルバー(Function Solver)ウィンドウ。

プルダウンメニューから、計算およびスケール調整を「体積平均(VOLUMISED AVERAGE)」に設定します。

単純変数エバリュエーターエリア(Simple Variable Evaluator area)を用いて、選択された変数温度(TEMPERATURE)を選びます。

体積表現された火災区画内の平均温度を調べるには、[計算 (Calculate)] ボタンを押します。結果は「結果 (Result=)」ボックスに示されます。

また、平均の上層レイヤの平均温度を決定します。そのためには、暑いレイヤの平均高さを決定しなければなりません。下部(冷たい)レイヤと上部(暑い)レイヤ間の温度の鋭い変更があるところを決定するためカット平面図の視覚化やプロットグラフのヘルプを、常にそうとは言い切れませんが、簡単にみつけることができます。

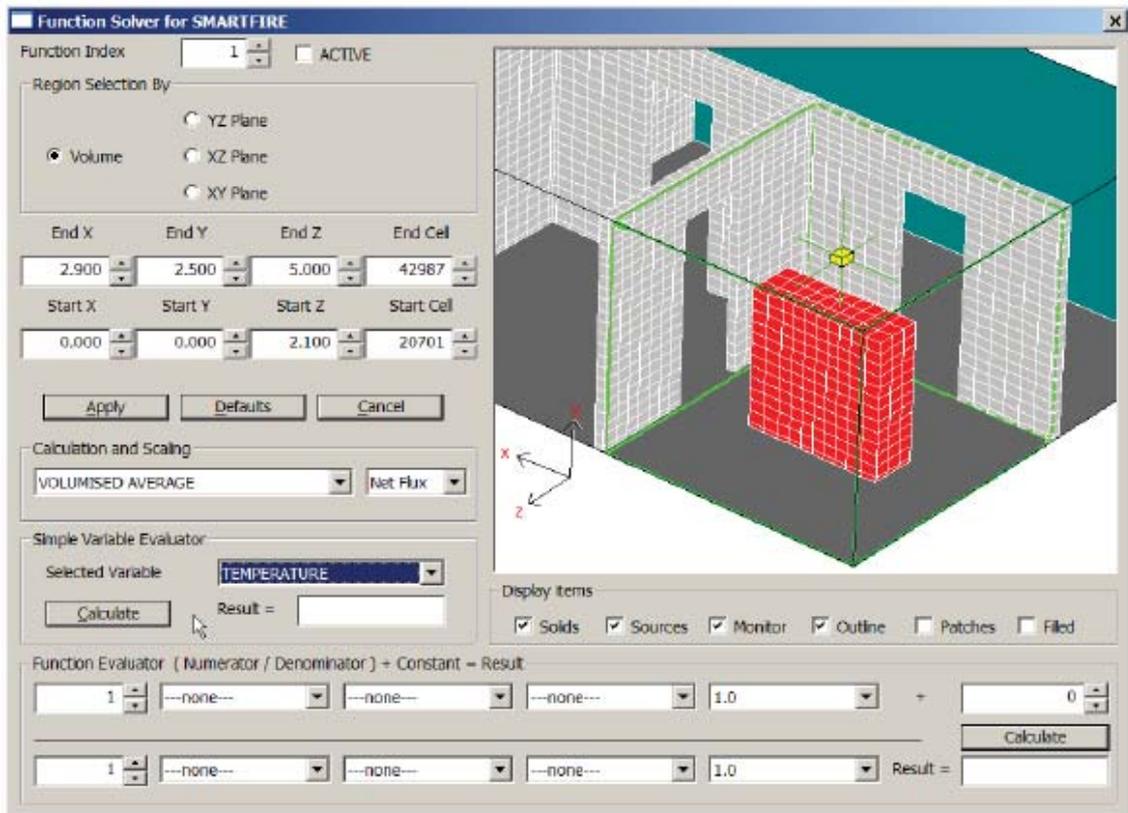


図26-5 機能ソルバーウィンドウを用いて、サブ範囲を選択します。

火災区画内のXに面するドアが見やすいように、形状を回転させるために、ビジュアルエリア上で選択およびドラッグします。

YZ平面 (Plane)によって範囲を選択し、明るい緑色のアウトラインで示したボックスが火災区画のX-出入り口のすぐ内側に入るように、x座標面および始点と終点の座標を設定します。

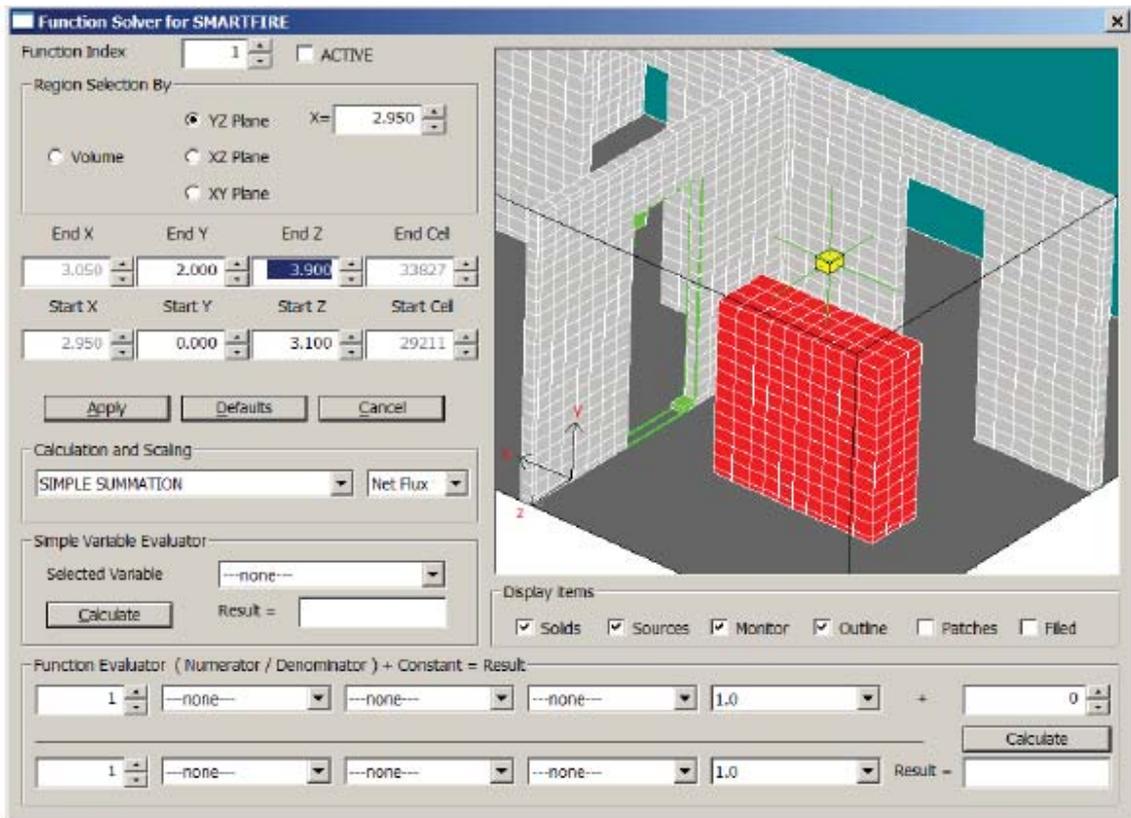


図26-6 関数ソルバーを用いて出入口内のセルを選択します。

プルダウンメニューから、計算およびスケール調整を「単純合計 (SIMPLE SUMMATION)」に設定します。

単純変数エバリュエーターエリア (Simple Variable Evaluator area) を用いて、選択された変数の正味質量フラックス (NET MASS FLUX) を選びます。

X出入口を通じて火災区画内に入る正味の質量フラックスを計算するには、[計算 (Calculate)] ボタンを押します。

ここで、同じドアに関する質量流入量および質量流出量を決定します。変数リストから、流入量あるいは流出量を選択します。

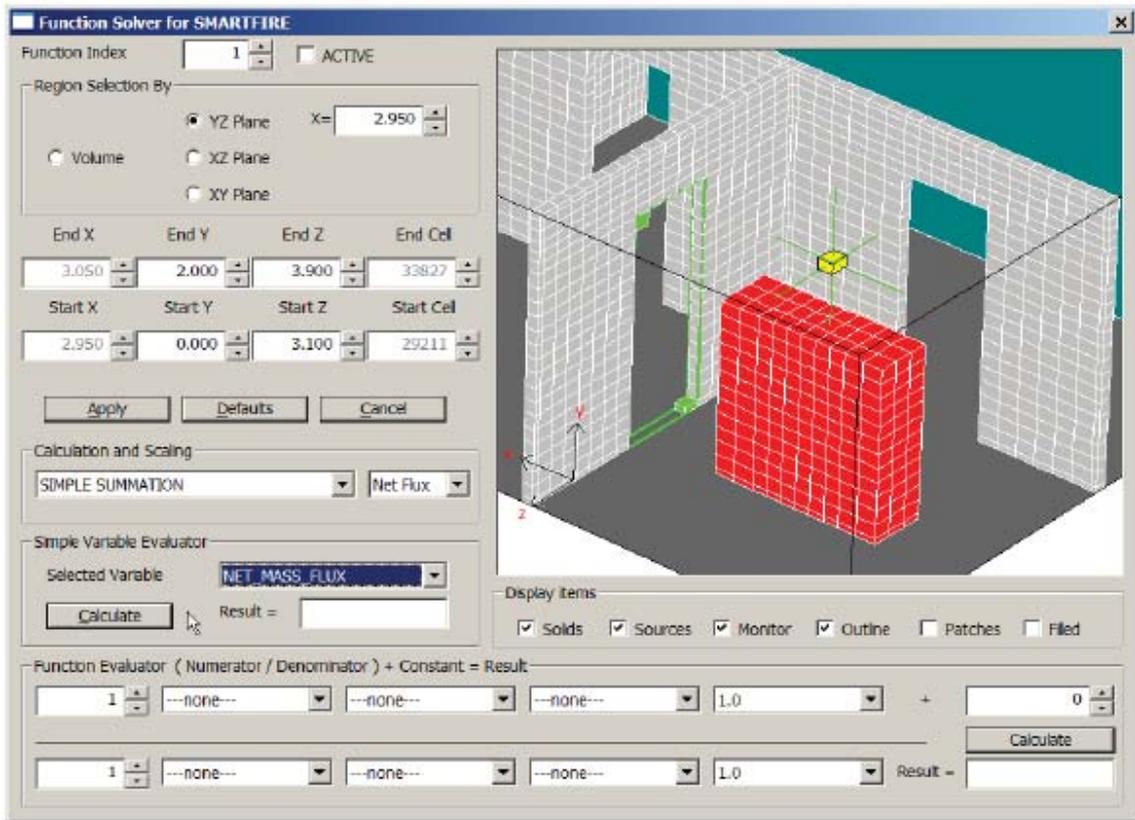


図26-7 関数ソルバーを用いて、出入口を通過する正味フラックスを計算します。

26.4 チュートリアル A3

26.4.1 データビュー (DATAVIEW) を用いたポストプロセッシングビジュアライゼーション

このチュートリアルでは、チュートリアルA1のシミュレーション実行中に保存された「.VTK」、および「.WRL」ファイルが必要になります。ファイルを保存しなかった場合、節約が作動したと示された結果でチュートリアルA1の処理を繰り返す必要があるでしょう。

デスクトップからSMARTFIREのアイコンを起動するか、またはSMARTFIREケース指定環境におけるリンクから、SMARTFIREデータビュー (DataView) プログラムを始動します。

26.4.2 形状を読み込む

ファイル (FILE) => VRML をインポート (Import VRML)] を選択し、smartfire¥work内にあるチュートリアルA1のフォルダに移動します。

チュートリアルA1シミュレーション実行中に保存された「.WRL」ファイルを読み込みます。

シナリオの形状が半透明に表示されます。

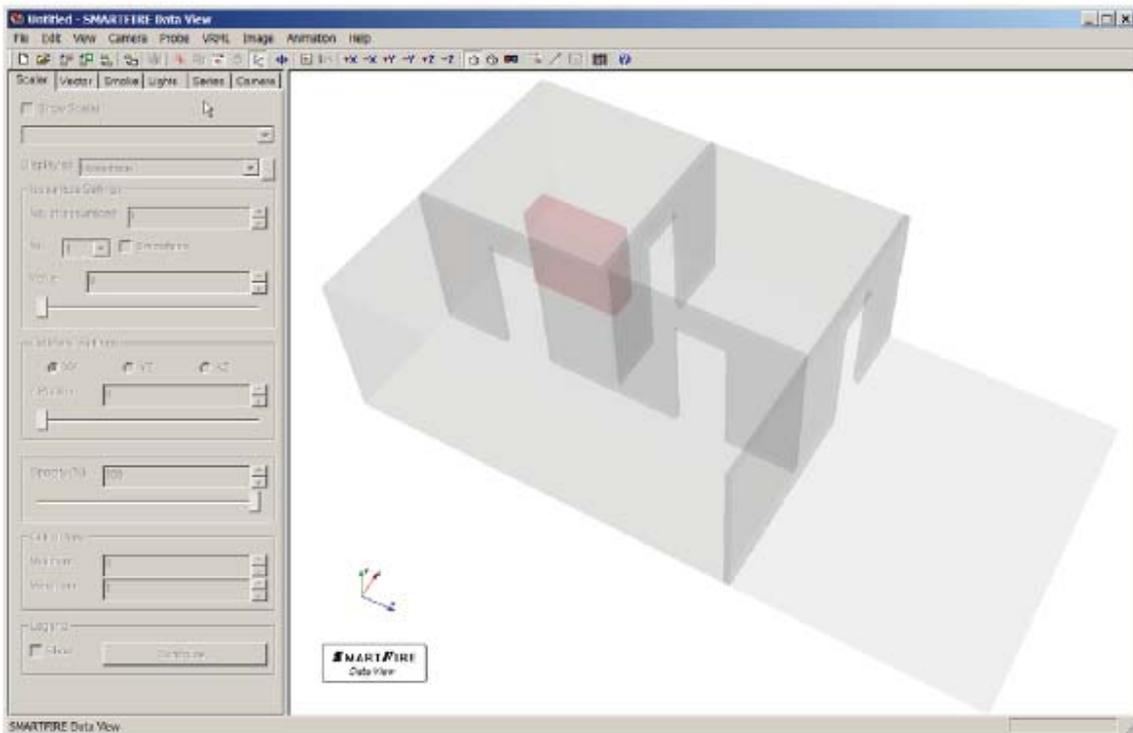


図26-8 SMARTFIREデータビュー (DataView) プログラムの起動時。

表示エリア上でマウスの選択とドラッグを用いて、形状の回転/サイズ変更/移動をおこない、最適な (最も明確な) ビューを表示させます。

26.4.3 アニメーションの準備をする

[アニメーション (Animation)] パネルおよび [ファイルの追加 (Add Files...)] を選択します。

アニメーション化したいファイルを選択します。

最後のデータファイルをハイライトして、最後のデータセットを実際に読み込むために [ファイルの読み込み (Load File)] を選択します。

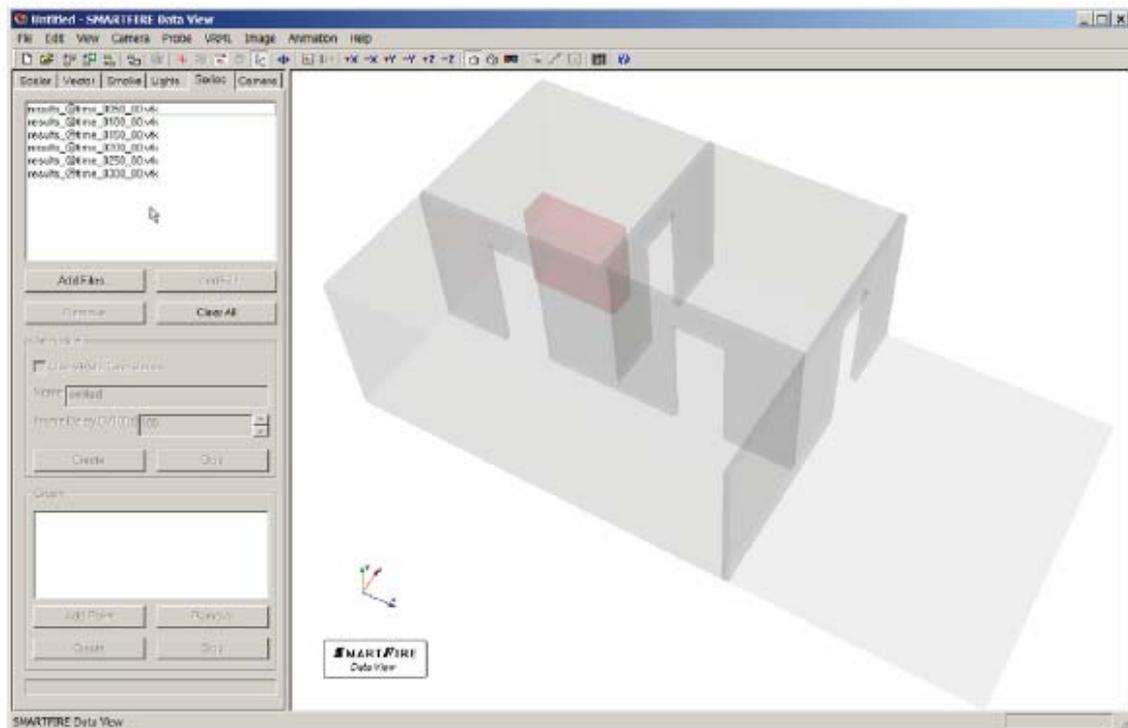


図26-9 読み込まれた形状およびアニメーションのデータセットリストを示しているデータビュー (DataView)。

26.4.4 アニメーションのスカラービジュアライゼーションを作成する

[スカラー (Scalar)] パネルを選択し、スカラー等値面 (iso-surface) ディスプレイを起動してから、温度 (TEMPERATURE) を選択します。

[等値面 (iso-surface)] を選択してから、当該面の [値 (value)] を設定します (700K など)。そして、[不透明 (Opacity)] を 40% に設定し、iso-サーフェスセミトレーラーを透明にしてください。[.iso-サーフェスの番号] を 2 に変更し、2 番目の iso-サーフェス [値] を 900 カラットに設定してもう一つの iso-サーフェスを追加します。

ビュー (View) => タイトル (Title) でタイトルを作成し、ビュー (View) => 時間 (Time) でディスプレイに時間凡例を追加します。

アニメーションパネルに戻り、[名前 (name)] (iso_anim など) を入力してから、[作成 (Create)] ボタンを押します。データビュー (DataView) プログラムがそれぞれのファイルの読み込みを順番に開始し、それぞれのデー

タセットの静止画像を保存します。

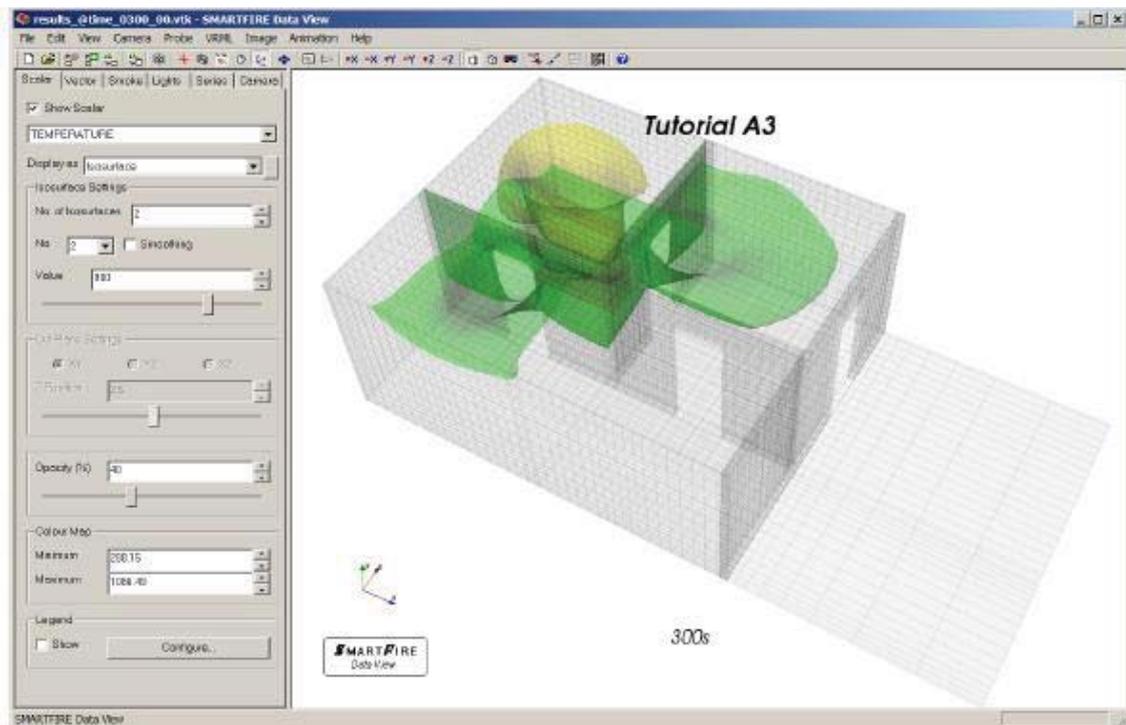


図26-10 温度の等値面、タイトル、および時間を示しているデータビュー(DataView)。

26.4.5 アニメーションのベクトルビジュアライゼーションを作成する

前のアニメーションが適切に作成できたら、等値面ディスプレイを非アクティブにして、その代わりに[ベクトル(Vector)]パネルからベクトルスライスのアニメーションを作成します。

前のタイトルが新しいベクトル視覚化に不適当な場合、ビュー(View) => タイトル(Title)でタイトルを変更することを忘れないようにします。

必要な静止ベクトル表示が得られたらアニメーションパネルに戻り、アニメーションの[名前(name)](vec_animなど)を入力してから、[作成(Create)]ボタンを押します。

26.4.6 ビジュアライゼーション(可視化)の注釈

設定パネルを検討するときは、さまざまなオプションの設定/チェック付けを試してみて、ビジュアライゼーション表示に対する影響をメモします。

チュートリアルA1で煙は保存されていないため、煙を可視化することはできません。

後にチュートリアルA4で保存されるデータから煙の可視化を確認することができます。

もちろん、単純に、単一のデータファイルを読み込んで表示するためにデータビュー(DataView)プログラムを用いることもできます。その場合、ファイル(File) => 開く(Open)オプションを用いて、必要な.VTK結果ファイル

ルを選択します。

26.5 チュートリアル A4

26.5.1 燃焼モデリング

このチュートリアルでは、チュートリアルA1からのシナリオを拡張して、トリガーにより引き起こされたイベント（2次発火およびドアの開口）および燃焼モデリングを用います。

形状を以下に示します。

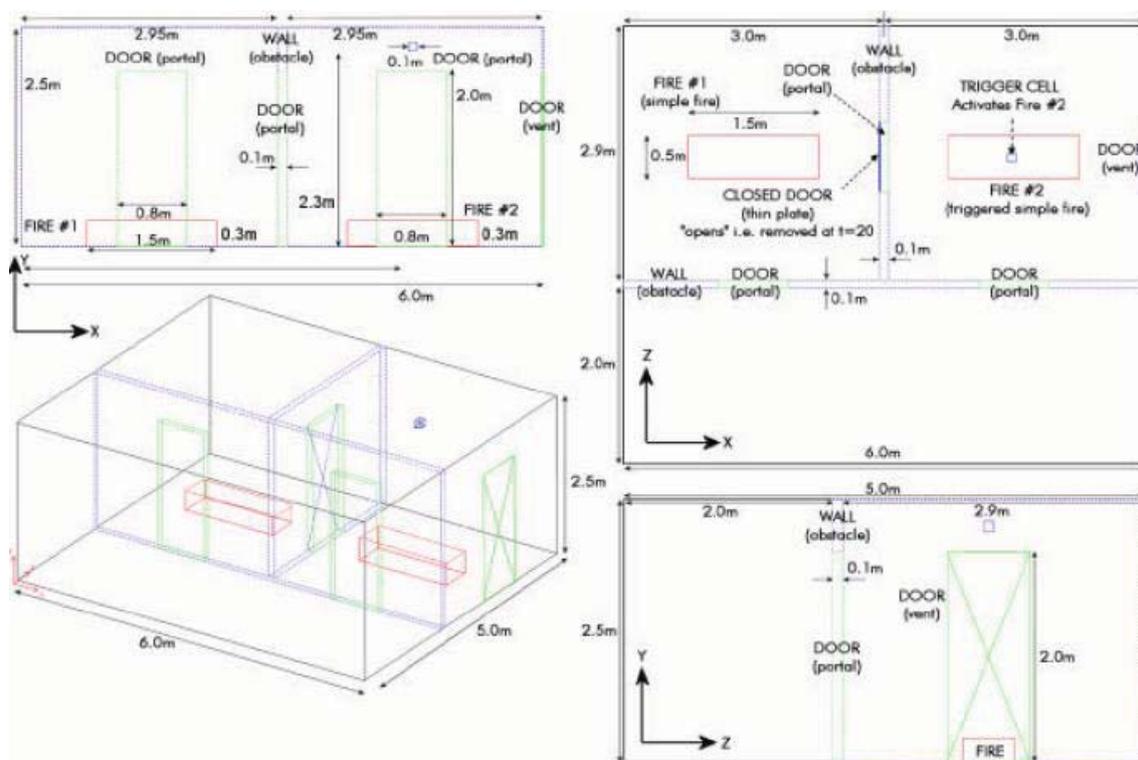


図26-11 変更された火災、ドア、およびトリガーセルを示しているチュートリアルA4の形状。

26.5.2 チュートリアル A1 のシナリオを変更する

基準形状を読み込み、新規の物理的組成を設定します。

ケースはチュートリアルA1に類似し、オブジェクトの変更/追加を伴います。したがって、チュートリアルA1を読み込み、混乱を避けるために「tut_case_A4」という名前ですべて保存します。

シナリオ (Scenario) => 問題タイプ (Problem Type) を設定します。(問題タイプ設定ウィンドウで) チュートリアルA1の設定に以下の変更を加えます。

(a) 燃焼モデル、および (b) 煙 (Smoke) モデルを有効にします。

燃焼 (Combustion) モデル、煙 (Smoke) モデル、および6フラックス放射 (Six Flux Radiation) モデルに関するすべてのデフォルト設定はそのままにしておきます。

エキスパート(Expert) => エキスパートオプション(Expert Options) => エキスパート問題の設定を有効にする(Enable Expert Problem Set-up)。

26.5.3 ケース指定(CASE SPECIFICATION)

以下のオブジェクト(Monitoring Objects)を作成および変更してください:

閉じたドア[X方向における薄板(THIN PLATE)]

位置(2.95, 0.0, 3.1)、サイズ(0.0, 2.0, 0.8)。

トリガーセル[トリガーセル(TRIGGER CELL)]

位置(4.45, 2.3, 3.45)、サイズ(0.1, 0.1, 0.1)。

薄板(THIN PLATE)の「閉じたドア」の起動時間を以下のように設定してください:

「終了時までのアクティブ」時間は20.0秒。

板の除去によって実際に出入口が「開く」ことに注意します。

トリガーセルを以下によって起動するように設定してください:

500以上の温度

すべての温度はケルビン絶対温度(すなわち $K = ^\circ C + 273.15$)であることに注意します。

火災の放熱量を以下のように設定してください:

ここで火災の高さが0.3mになるように、[単純火災(SIMPLE FIRE)]のサイズを変更します。

現在の[単純火災(SIMPLE FIRE)]の継続時間を0.0から100.0秒に設定します。

単純な t^2 燃料曲線を以下のように設定します。

$C = 2.5e-6$ (ピークの1MWのHRR火災と同等)。

燃料曲線が正しいことを確認するために、火災統計をチェックします。

2次火災の作成および設定を以下のようにおこなってください:

2次火災[単純火災(SIMPLE FIRE)]を作成します。

位置(3.75, 0.0, 3.25)、サイズ(1.5, 0.3, 0.5)。

ヒント: この火災を容易に作成する方法は、最初の火災を「複製」してから、位置を変更することです。燃料(あるいはHRR)曲線は、コピーされた火災ソースに関しても同じになります。

燃料の質量放出が最初の火災の場合と同じであることをチェックします。

火災の起動を「トリガーによって起動(Activated by Trigger)」と設定し、利用可能なトリガーオブジェクトのプルダウンリストから、トリガー名を1つだけ選択します。

定期的なデータキャプチャを以下のように設定してください:

以下の項目をチェックすることにより、結果を時間ステップ数ではなく、時間((times))によって保存するようにします。

エキスパート(Expert) => エキスパートオプション(Expert Options) => データ保存のために時間(times)を利用する

以下の手順を用いて、シミュレーション時間の10秒ごとの結果保存を選択してください:

シナリオ => 出力コントロール(Output Control) => 一過性結果保存を利用(Use transient result saves)。保存間隔は10に設定します。

26.5.4 シミュレーションのメッシュ生成と実行

チュートリアルA1と同様に、グラフ作成(データモニタリング)を設定します。

メッシュ生成のオプション:

「tut_case_A4」という名で保存されたケースをチェックして、実行(Run) => メッシュの作成(Create Mesh)を選択します。

すべての重なりは意図的であるため、無視を選択します。

形状タイプは、「標準的な部屋形状(Standard Room Geometry)」を選択します。

メッシュ生成システムがY+方向において拡張範囲を追加することを中止します。

メッシュ生成のセル割当て量(Cell Budget for Meshing)は、「推奨メッシュ(Recommended mesh)」選択し、「改良(Refine)」オプションを有効にします。

メッシュを確定します(*SMARTFIRE* CFDエンジン用のスクリプトファイルが作成されます)。

シミュレーションを実行してください:

実行(Run) => CFDエンジンの実行(Run CFD Engine)を選択します。

SMARTFIRE CFDエンジンが初期化して完全に開くまで待ちます。

「進む(GO)」/実行(Run) ボタンを押して、シミュレーションを開始します。

任意の時間に[停止(Stop)]ボタンを押して停止し、データ/設定値を検討します。

26.5.5 結果の解析

結果/観察:

「tut_case_A4.log」ファイルを検討して、いつ2次火災が発火したかを調べます。

ヒント: 「変更されたボリュームパッチ(CHANGED VOLUME PATCH)」を探して、その直上のスワイプ

情報を調べ、イベントが実際にいつトリガーされたかを確認します。

3分間のシミュレーションの終了時における最高温度は何度ですか？

達成した収束レベルをメモします。

許容できるレベルの収束でしたか？

ドアが開かれたとき、および2次火災が発火したとき、収束はどのような影響を受けましたか？ドアが最初に開くとき、シミュレーションが安定していないことに気付くはずですが。

ケースA1と同様に、必ずモニターデータ、すなわちそれぞれのドアの垂直の中心線に沿った温度および水平速度の分布、ならびに廊下の中心における垂直の温度分布を記録します。このデータはシミュレーションが開始してから30秒、1、2、3分後に入手します。

これらを前のシミュレーションの結果と比較します。燃焼と放射モデルが可能であるという状態で、熱解放率モデルを使うときより低い温度になっていることを確認してください。2次火災がついたとき、温度は著しく上昇します。

26.6 チュートリアル A5

26.6.1 CAD のインポートに関するチュートリアル

このチュートリアルでは、*SMARTFIRE*シナリオデザイナー (Scenario Designer) を導入し、それを用いて大規模な建物平面図 (DXF2Dフロア平面図が層状に構成されたCAD図面) の一部からシナリオを生成します。

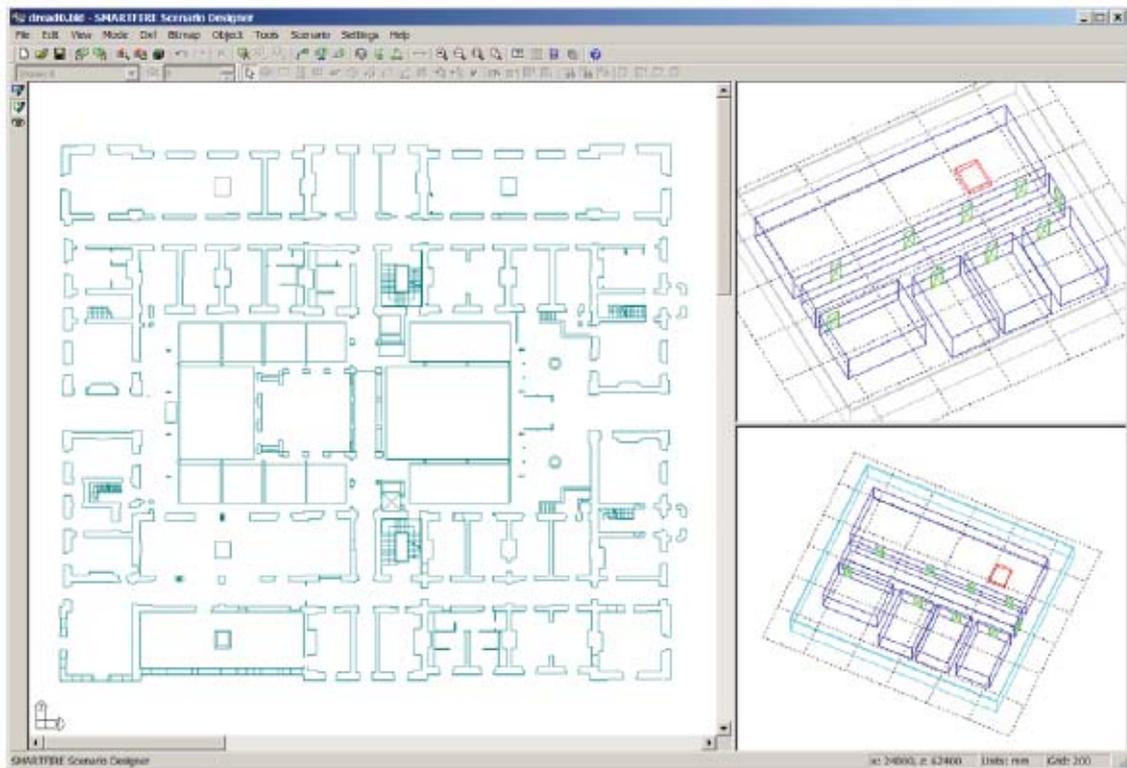


図26-12 読み込まれたCADのフロア平面図を示している*SMARTFIRE*シナリオデザイナー。

提供されたCADフロア平面図をシナリオデザイナーに読み込んでください:

シナリオデザイナーを実行し、ファイル (File) => DXFのインポート (Import DXF) ...を実行します。

ファイル「¥smartfire¥tutorial¥CAD_DXF_geometry¥dread0.dxf」を読み込みます。

設定 (Settings) => 単位 (Units) がミリメートルに設定されていることを確認します。

設定 (Settings) => グリッド間隔を500に設定します。

利用DXF => レイヤ (Layers) を用いて、新規の壁 (NEW_WALLS) および階段 (STAIRS) を無効にします。

26.6.2 フロア平面図 (FLOOR PLAN) を作成する

シナリオデザイナーフロア平面図(Create a Scenario Designer Floor Plan)を作成してください:

オブジェクト(Object) => 階(Storey)を選択し、フロア平面図の一部の周囲に、左上のコーナーから約1/3向こう側かつ1/3下にわたって、選択ボックスを描きます。それにより、左上の広い部屋、廊下の一部、およびその下の4つの部屋が囲まれます。

DXFフロア平面図の編集(Edit DXF Floor Plan)モードに進み、廊下を横切る線を追加して、「制限のない(open ended)」廊下をルームロケータ(room locator)によって探索することを支援します。

左上の長い部屋の中にあるボックスを選択して無効にしてから、DXF=>無効の選択(Disable Selected)をおこないます(ルームロケータを混乱させるおそれがあるため)。

建物モデルフロア平面図の編集(Edit Building Model Floor Plan)モードに戻ります。

シナリオにおいて部屋を探索(Find)/追加(Add)してください:

オブジェクト(Object) => デフォルトのプロパティ(Default Properties)をチェックします。

「階」の高さ=2.5m、「ドア」の高さ=2.0mおよび幅=0.8mであることをチェックします。

ツール(Tools) => 部屋の位置指定(Locate Rooms)を選択し、階全体の周囲に選択ボックスを描きます。

OKを選択して部屋を検出し、適正な幅をもつ出入口の「幅」を示す線を描きます。

ルームロケータでフロア平面図と同様に6つの部屋を検出しなければなりません。これらの部屋をシナリオに追加します。部屋の端部をわずかにドラッグすることによって最上部の部屋オブジェクトに触れないように、廊下の「部屋」オブジェクトを編集する必要があることがあります。

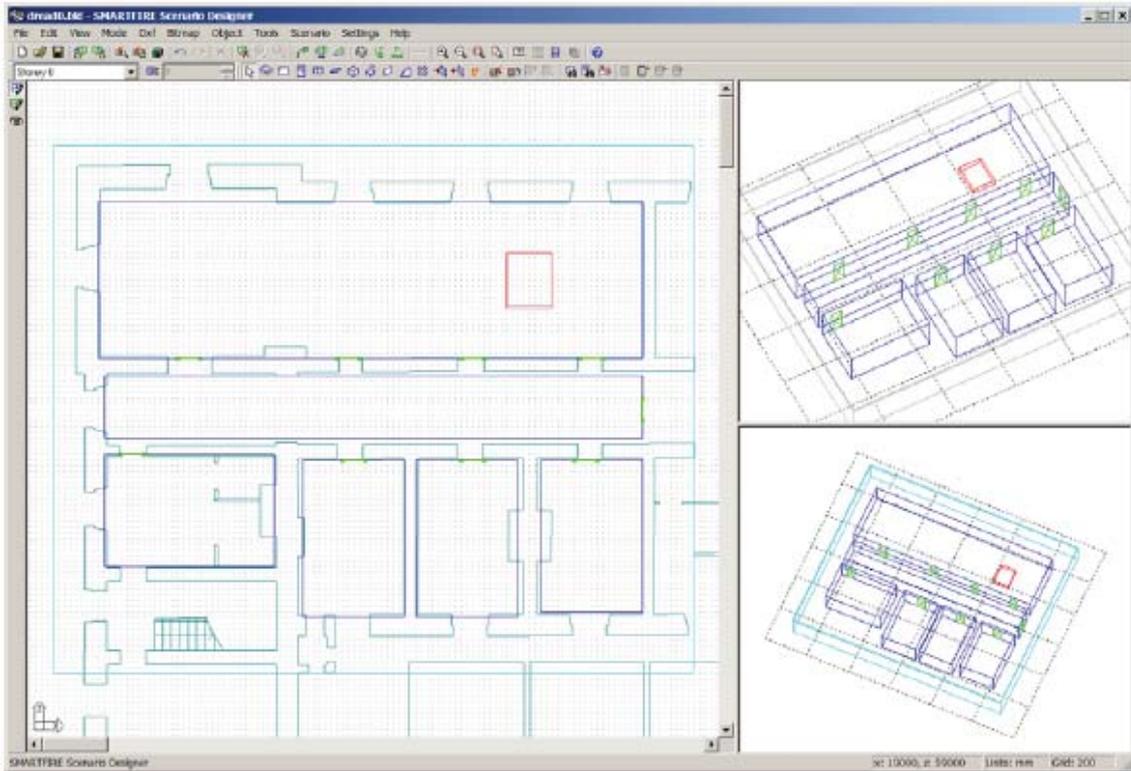


図26-13 ズームされたシナリオモデルのサブ範囲を示しているシナリオデザイナー。

シナリオにそのほかのオブジェクトを追加してください:

オブジェクト(Object) => 火災(Fire)を選択し、長い部屋の室内に火災を表す「ボックス」を描きます。

選択モード(矢印)で火災を右クリックし、プロパティを選択してから、プロパティポップアップメニューで高さを1.5mに設定します。

オブジェクト(Object) => ドア(Door)を選択し、平面図をクリックして、壁の空隙にドアを追加します。
ヒント: 壁の一方の端部における(一方にのみ必要な)空隙の中心を選択します。

シナリオ => 建物の追加(Add Building)を用いて、シナリオにすべてのオブジェクトを追加します。

ファイル(File) => Smartfireシミュレーションの作成(Create Smartfire Simulation)を選択します。

ケースに「dread_case」などの名前を付けてから(例:「tutorial_a5」あるいは「dread0_t5」)、ケース指定ツール(Case Specification Tool)に進むと、シナリオを完成し、メッシュ化することができます。

フロア平面図のもう1つのセクションからもシナリオの作成を試みてください。

26.7 チュートリアル A6

26.7.1 パラレル SMARTFIRE を利用する

以下のチュートリアルでは、パラレルSMARTFIREを利用して、CFDベースの火災シミュレーションの構築、実行、および解析を学びます。

このケースは、廊下に連結された2つの小さい部屋の形状に関するものです。部屋の1つには、外部に通じる通気孔が付いています。CADインポートを用いて、フロア平面図からケースを構築します。

このチュートリアルでは、シナリオデザイナーを用いて形状を構築し、ケース指定環境を用いてケースの設定およびメッシュ生成をおこない、CFDエンジンのパラレルバージョンを用いてさまざまな設定にもとづくシナリオを実行します。

比較のために、(チュートリアルA1の場合と同様に)それぞれのシミュレーションに関する設定をすべて同一にすることが重要です。

並列計算で用いられるすべてのマシンにMPICHおよびSMARTFIREが正確にインストールされていることが必要です。

26.7.2 DXF フロア平面図を読み込む

シナリオデザイナーにDXF形状フロア平面図を読み込んでください:

チュートリアルの本節では、パラレルSMARTFIREで用いられるシナリオを生成するためにCADインターフェース(すなわちSMARTFIREシナリオデザイナー)を利用する方法を実習します。

シナリオデザイナーを実行し、ファイル(File) => DXFのインポート(Import DXF) ...を選択します。その後、以下のファイルの読み込みを選択します。

「¥smartfire¥tutorial¥CAD_DXF_geometry¥cad_geometry.dxf」

フロア平面図は、下の図のように表示されます。

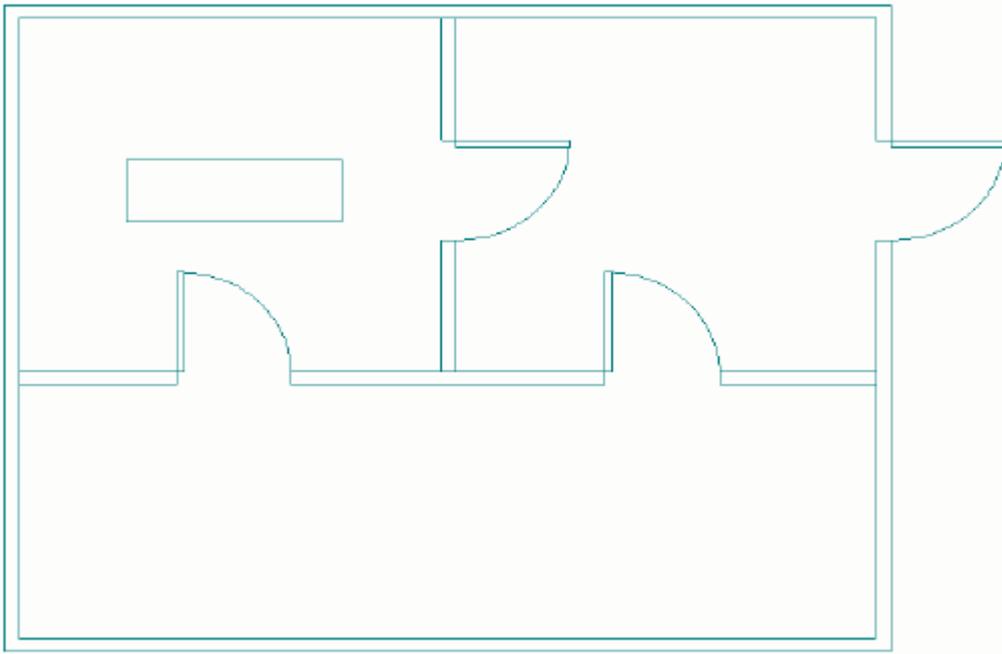


図26-14 チュートリアルA1のシナリオを表している単純なCADフロア平面図。

26.7.3 シナリオを作成する

シナリオデザイナーにおいてシナリオを作成してください:

設定 (Settings) => 単位 (Units) がメートルに設定されていることを確認し、設定 (Settings) => グリッド間隔を0.05に設定します。

DXF => レイヤを用いて、ドア (DOORS) を削除し、家具 (FURNITURE) を無効にします。

オブジェクト (Object) => 階 (Storey) を用いて、フロア平面図全体の周囲に階のボックスを描きます。

オブジェクト (Object) => デフォルトのプロパティ (Default Properties) をチェックします。

「階」の高さ=2.5m、「ドア」の高さ=2.0mおよび幅=0.8mであることをチェックします。

位置指定 (Locate) => 部屋 (Rooms) を選択し、形状の周囲に検索範囲 (search region) を描きます。

OKを選択して部屋を探索し、出入口の「幅」を示唆する線を描きます。

ツールによってフロア平面図と同様に3つの部屋を検出しなければなりません。

オブジェクト (Object) => 火災 (Fire) を選択します。グレーで表された家具項目の上にボックスを描きます。

選択モード (矢印) で火災を右クリックし、プロパティを選択してから、高さを1.5mに設定します。

オブジェクト (Object) => ドア (Door) を選択し、クリックして壁の空隙にドアを追加します。

ヒント: 壁の一方の端部でのみ、空隙の中心を選択します。

以下のフロア平面図が作成されるはずですが。

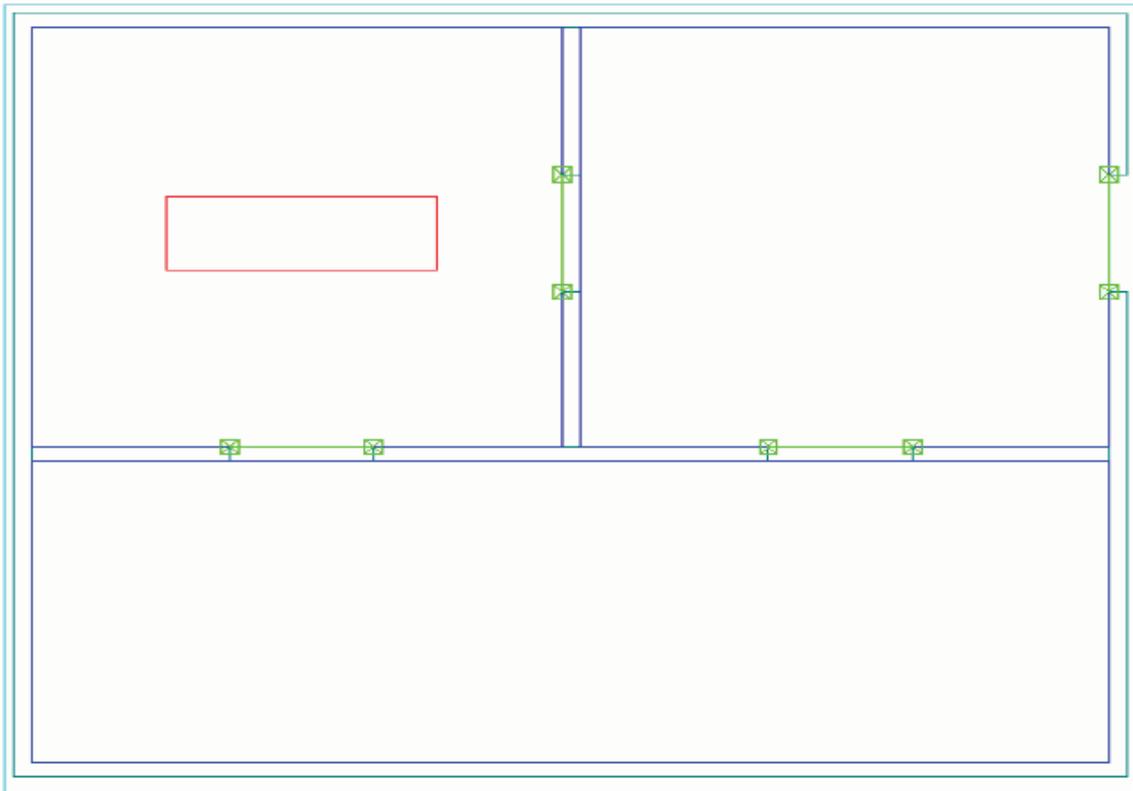


図26-15 ドアおよび火災オブジェクトを伴うシナリオデザイナーのフロア平面図。

SMARTFIREシナリオを作成してください:

シナリオ => 階の追加 (Add storey) を選択して、モデルにこの階を追加します。

ファイル (File) => SMFのプレビュー (Preview SMF) を選択します。これは、チュートリアルA1とほとんど同じように見えるはずですが。

ファイル (File) => Smartfireシミュレーションの作成 (Create Smartfire Simulation) を選択し、シナリオをSMARTFIREに渡します。

ケースに「tut_case_A6」という名前を付けると、新規の「smartfire¥work¥tut_case_A6」フォルダ内に「tut_case_A6.smf」ファイルが保存されます。

ケース指定環境は、読み込まれた形状を用いて自動的に起動します。

26.7.4 平行 CFD シミュレーションを実行する

Smartfireの平行MPIバージョンにおいてシミュレーションを実行してください:

以下の手順を用いて、平行SMARTFIREを実行します。

実行 (Run) => 平行CFDエンジンの実行 (Run Parallel CFD Engine)

これにより、パラレル実行の設定にもとづいてパラレルランチャが起動します。

チュートリアルA1によるデータと比較するために、必ず正確な時間間隔(すなわち30秒ごと)でデータを保存するようにします。

26.7.5 パラレル SMARTFIRE チュートリアルの演習

結果/観察:

3分間のシミュレーションの終了時における最高温度は何度ですか？

達成した収束レベルをメモします。

許容できるレベルの収束でしたか？

収束レベルはケースA1の場合とどのように比較されますか？

シリアルおよびパラレルの結果の収束品位における差違はありますか？

シミュレーションが開始してから30秒、1、2、3分後に必ず、それぞれのドアの垂直の中心線に沿った温度および水平速度の分布、ならびに廊下中央における垂直の温度分布を保存します。

これらの結果は、シリアルおよびパラレルに関してどのように比較されますか？

これらの結果は、粗メッシュおよび微細メッシュに関してどのように比較されますか？また、セルの割当量も比較してください。

粗メッシュの結果は許容範囲内ですか？

その許容度にどのような条件を与えますか？