ケーススタディツールとしての
シミュレーション活用

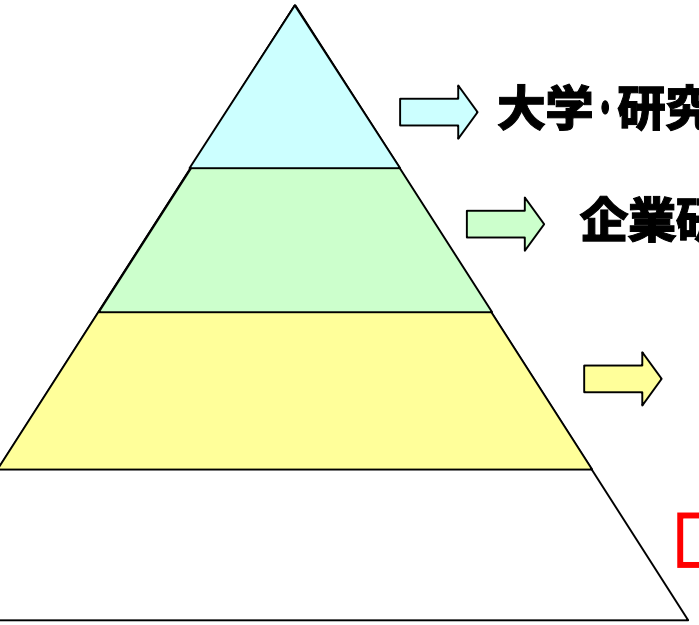
株式会社　アドバンスドナレッジ研究所

〒151-0072　東京都渋谷区幡ヶ谷1-8-4リッツパラシオビル3F
TEL　03－5358－4033　FAX　03-5358-4037

Copyright© 2003 Advanced Knowledge Laboratory Inc. All Right Reserved

流体シミュレーションツール発展の歴史

１９７０年代	１９８０年代	１９９０年代	２０００年代
大学・研究機関での基本アルゴリズム開発	汎用シミュレーションツールの登場	設計現場へのシミュレーションツール活用	？



- 大学・研究機関 → 独自開発ツール
- 企業研究機関 → 独自開発ツール / 汎用シミュレーションツー
- 解析専門スタッフ 開発技術者 → 汎用シミュレーションツール
- 設計者 / 設計施工メーカー担当者 環境・施設管理者 / 技術営業 / 教育 → 設計支援ツ CAD / Exce Word

Copyright© 2003 Advanced Knowledge Laboratory Inc. All Right Reserved

ゼロからの操作性の見直し・・

まだまだどのソフトも

コンセプトからして特定の研究に携わった人間にのみ

理解できる仕様になっている嫌いがるのでは・・・？

本来の目的

見えない・捉えることの難しい現象を、
コンピューターを利用することによって
いろいろなケースを、簡単に試してみること。
対象となる現象を見て、本来の課題・解決策を検討すること。

シミュレーション活用の裾野を広げるには・・・

Copyright© 2003 Advanced Knowledge Laboratory Inc. All Right Reserved

製品開発のコンセプト

現場での課題

解析を行う人間が、専門スタッフに限定されていた。

解析依頼を受けた場合
依頼を受けてから結果を提出するまでに、
1ー2週間の時間を必要としていた。

解析結果を第3者に理解してもらうのが難しい。

難しい、高度な、専門ツール

新たな「ツール」の開発

■「数値解析」の専門家でなくても使えるツールに

無駄な操作は排除して、できる限りシンプルに、分かり易く、マニュアルレスで使えて
結果をアニメーションで確認できる。

■SIMPLE&EASYな操作性と高速・高精度の両立。

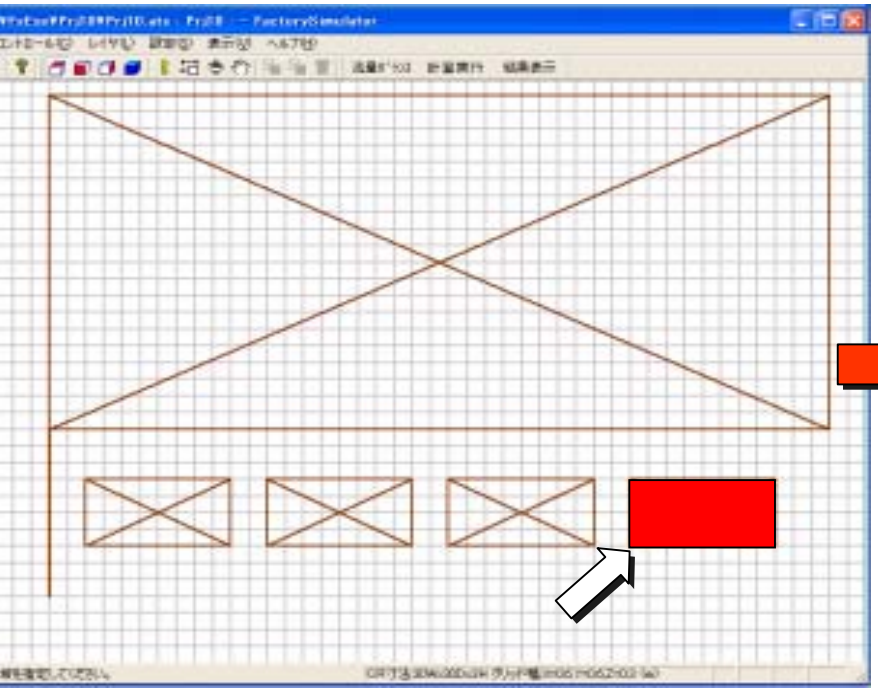
定評のあるSIMPLE-C法をベースに
解析要素単位で自動収束コントロールを行
高精度高性能アルゴリズムを開発。

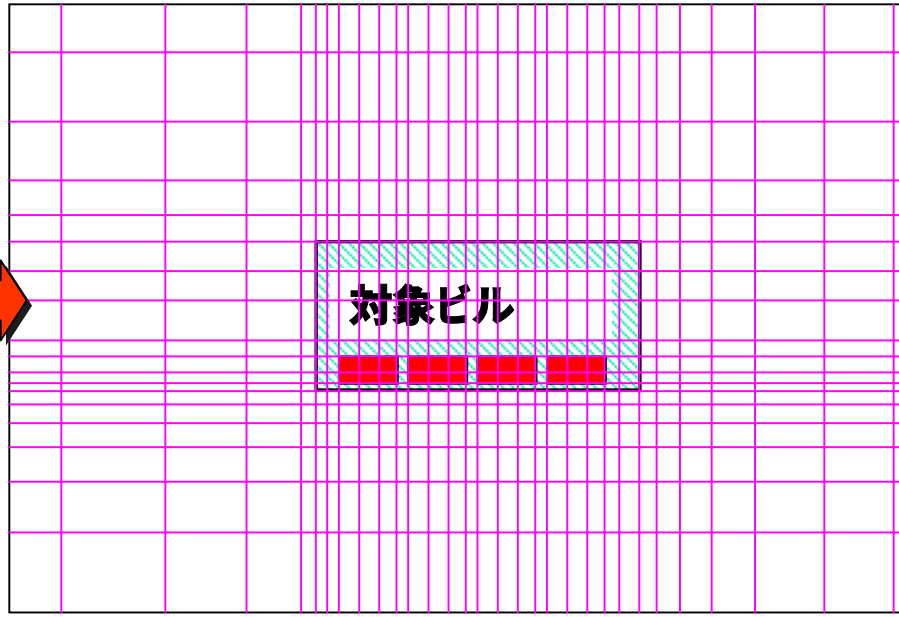
■結果は、その場で3Dアニメーション

数多くのアイデアを簡単に試せる、
結果の検討、現象の検討に時間を費やせ
現場で使えるツールに！

Copyright© 2003 Advanced Knowledge Laboratory Inc. All Right Reserved

デル配置用グリッドの採用＆不均一メッシュの自動生成機能





モデル配置用グリッドの採用

微小な寸法差･配置位置誤差による微小
ッシュの発生を、グリッド最小サイズで丸め
ることにより未然に防止。
マウスによる直感的なモデル配置を実現
数値情報支援機能としてマウス位置の座標値
を画面上に表示

物体認識による自動メッシュ生成

1) グリッドに拘束されること無く、物体エッジ形状より、メッシュを自動生成
2) 不必要な微小メッシュの排除、メッシュ数の適正化、 計算精度･安定性の確保
3) 視覚確認による、メッシュ追加、削除にも対応

専門スタッフでなくても簡単に操作できるユーザーインターフェースを実現

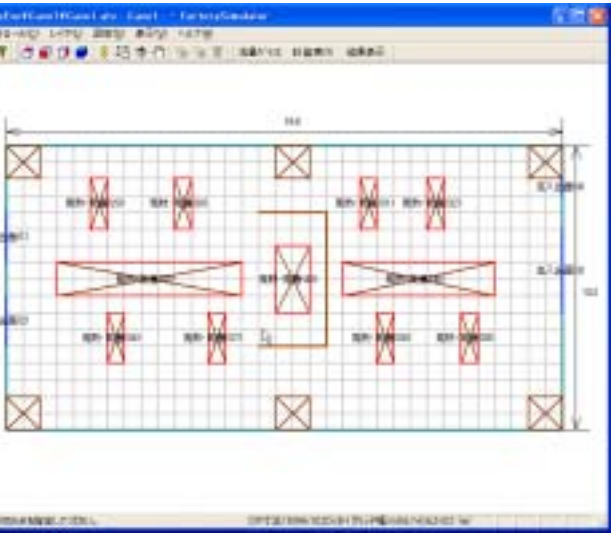
Copyright© 2003 Advanced Knowledge Laboratory Inc. All Right Reserved

ンプルで高精度な モデラー・ソルバー・ポスト一体型 汎用流体解析パッケージ の開

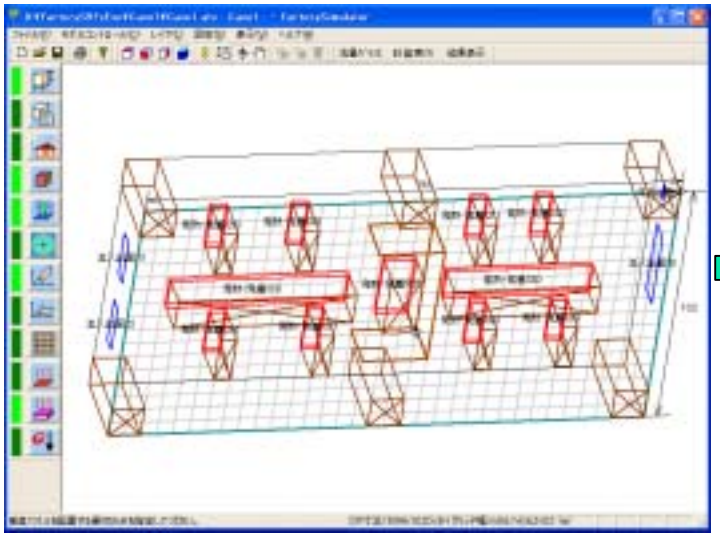
特徴

1. シンプルな操作で圧倒的な使い易さを実現！
2. 定評のあるSIMPLE-C法をベースに独自の高精度高性能アルゴリズムを開発。驚くほどの解析スピード！
3. 結果は、その場で3Dアニメーションとして確認！

ep1 マウスによるモデル作成



■Step2 3Dモデルの自動生成



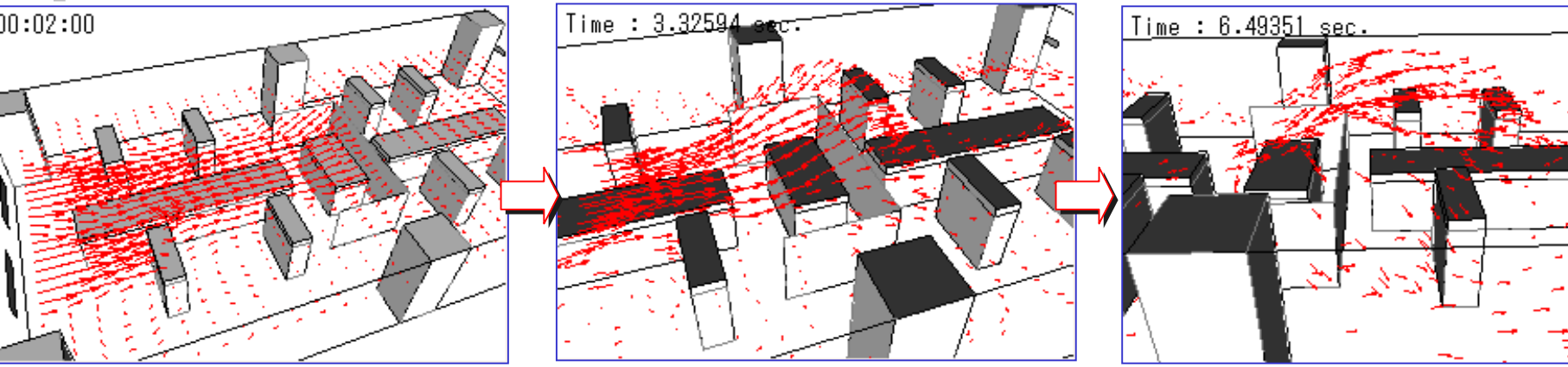
■Step3 解析実

■物体認識に
自動メッシュの
■メッシュ要素
での自動収束
ロール
■例示モデル
計算時間が約
秒程度！
(Pentium3
866MHz)

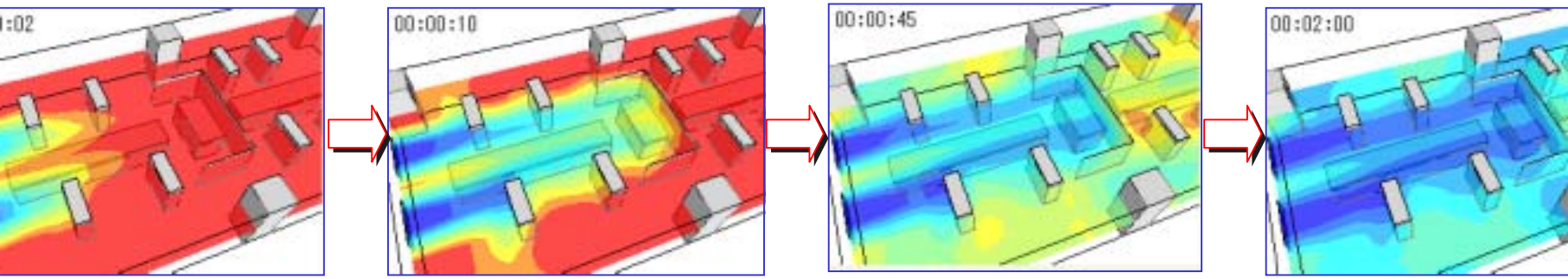
Copyright© 2003 Advanced Knowledge Laboratory Inc. All Right Reserved

シンプルで分かりやすい3次元表示機能の実現

Step4　ワンクリックでアニメーション化



3次元空間での気流の流れのアニメーション



汚れた空気の換気変化アニメーション

設計や実験を行う前の事前検討ツールとして
大規模な解析を行う前の事前検討ツールとして
技術レポートの作成ツールとして
お客様への技術提案ツールとして

→ 多数の検討案を事前に絞り込む
→ モデル配置の変更、条件変更が極めて簡単
→ ビジュアルなレポート資料を準備
→ お客様の目の前でアニメーションを実施

Copyright© 2003 Advanced Knowledge Laboratory Inc. All Right Reserved

モデル形状･条件設定

従来計算データを作成するには多くの労力を費やしていましたがFlowDesignerでは部品を配置するだけの簡単操作で、スピーディ＆自動的に計算用データが作成できます。

物体配置	グリッドフィットによるマウス操作、数値入力
特殊寸法	グリッド適用外サイズは、数値入力設定
任意形状	直交メッシュによる近似 （モデルのみ任意形状対応予定）
条件設定	オブジェクト指向による部品配置と連動した 部品専用条件設定ウィンドウ方式
メッシュ	オートメッシュによる自動生成
メッシュ編集	任意メッシュの追加、削除編集

Copyright© 2003 Advanced Knowledge Laboratory Inc. All Right Reserved

解析ソルバー

高精度かつ安定性の優れた最新の高速解法（SIMPLEC法を改良）を組み込んだ独自の解析コードにより、定常・非定常解を求めます。

解析手法	非圧縮性流体（空気、水）を対象とした微分方程式の離散化解
離散化手法	直交系有限体積法
解析対象	流れ場、温度場、拡散物質、湿度場
流れ場解析	改良SIMPLE法
温度場解析	エネルギーの対流・拡散輸送微分方程式
自然対流	ブシネスク近似による対流場とのカップリング
拡散物質	拡散物質の対流・拡散輸送微分方程式
湿度場	飽和蒸気曲線と拡散物質対流・拡散輸送方程式に基く離散化
対象流体	空気、水　　層流、乱流ともに可
乱流モデル	簡易乱流モデル、標準K-εモデル
時間経過	定常解析、非定常（時間変化解析）
マトリックス解法	ICCG、MICCG、ILUBCG_STAB2

Copyright© 2003 Advanced Knowledge Laboratory Inc. All Right Reserved

3Dグラフィックス

3次元アニメーションや、半透明表示、Aviファイル作成など多彩な処理が簡単操作で行えます。

表示	3D表示、2次元断面表示
気流	ベクトル表示、ベクトルアニメーション、 パーティクルアニメーション
温度	コンター分布表示、断面スライスアニメーション、 時間変化アニメーション
拡散物資 湿度	コンター分布表示、断面スライスアニメーション、 時間変化アニメーション
モデル形状	3Dモデルファイル読み込み機能
アニメ	ワンボタンで、ベクトルアニメ、パーティクルアニメ、時間変化アニメを実行
静止画	ビットマップファイル生成機能内蔵
動画	Aviファイルの生成機能内蔵　(作成ファイルは通常のWindowsマシンで再生可能)

Copyright© 2003 Advanced Knowledge Laboratory Inc. All Right Reserved

基礎方程式

運動量保存式

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial t}+\frac{\partial(\rho uu)}{\partial x}+\frac{\partial(\rho vu)}{\partial y}+\frac{\partial(\rho wu)}{\partial z}=\frac{\partial}{\partial x}\mu(\frac{\partial \rho u}{\partial x})+\frac{\partial}{\partial y}\mu(\frac{\partial \rho u}{\partial y})+\frac{\partial}{\partial z}\mu(\frac{\partial \rho u}{\partial z})-\frac{\partial p}{\partial x}+\rho g_x$$

$$\frac{\partial(\rho v)}{\partial t}+\frac{\partial(\rho uv)}{\partial x}+\frac{\partial(\rho vv)}{\partial y}+\frac{\partial(\rho wv)}{\partial z}=\frac{\partial}{\partial x}\mu(\frac{\partial \rho v}{\partial x})+\frac{\partial}{\partial y}\mu(\frac{\partial \rho v}{\partial y})+\frac{\partial}{\partial z}\mu(\frac{\partial \rho v}{\partial z})-\frac{\partial p}{\partial y}+\rho g_y$$

$$\frac{\partial(\rho w)}{\partial t}+\frac{\partial(\rho uw)}{\partial x}+\frac{\partial(\rho vw)}{\partial y}+\frac{\partial(\rho ww)}{\partial z}=\frac{\partial}{\partial x}\mu(\frac{\partial \rho w}{\partial x})+\frac{\partial}{\partial y}\mu(\frac{\partial \rho w}{\partial y})+\frac{\partial}{\partial z}\mu(\frac{\partial \rho w}{\partial z})-\frac{\partial p}{\partial z}+\rho g_z$$

質量保存式

$$\frac{\partial \rho}{\partial t}+\frac{\partial(\rho u)}{\partial x}+\frac{\partial(\rho v)}{\partial y}+\frac{\partial(\rho w)}{\partial z}=0$$

エネルギー保存式

$$\frac{\partial(\rho h)}{\partial t}+\frac{\partial(\rho uh)}{\partial x}+\frac{\partial(\rho vh)}{\partial y}+\frac{\partial(\rho wh)}{\partial z}=\frac{\partial}{\partial x}k(\frac{\partial h}{\partial x})+\frac{\partial}{\partial y}k(\frac{\partial h}{\partial y})+\frac{\partial}{\partial z}k(\frac{\partial h}{\partial z})+S$$

成分の保存式

$$\frac{\partial(\rho h)}{\partial t}+\frac{\partial(\rho uC)}{\partial x}+\frac{\partial(\rho vC)}{\partial y}+\frac{\partial(\rho wC)}{\partial z}=\frac{\partial}{\partial x}D(\frac{\partial C}{\partial x})+\frac{\partial}{\partial y}D(\frac{\partial C}{\partial y})+\frac{\partial}{\partial z}D(\frac{\partial C}{\partial z})+S$$

Copyright© 2003 Advanced Knowledge Laboratory Inc. All Right Reserved

基礎方程式

乱流モデル

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t}+\frac{\partial(\rho u k)}{\partial x}+\frac{\partial(\rho v k)}{\partial y}+\frac{\partial(\rho w k)}{\partial z}=\frac{\partial}{\partial x}\mu_t(\frac{\partial k}{\partial x})+\frac{\partial}{\partial y}\mu_t(\frac{\partial k}{\partial y})+\frac{\partial}{\partial z}\mu_t(\frac{\partial k}{\partial z})+G_k-\rho\varepsilon$$

$$G_k=\mu_t\left[2\left\{\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2+\left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)^2+\left(\frac{\partial w}{\partial z}\right)^2\right\}+\left(\frac{\partial u}{\partial y}+\frac{\partial v}{\partial x}\right)^2+\left(\frac{\partial v}{\partial z}+\frac{\partial w}{\partial y}\right)^2+\left(\frac{\partial w}{\partial x}+\frac{\partial u}{\partial z}\right)^2\right]$$

$$\frac{\partial(\rho\varepsilon)}{\partial t}+\frac{\partial(\rho u\varepsilon)}{\partial x}+\frac{\partial(\rho v\varepsilon)}{\partial y}+\frac{\partial(\rho w\varepsilon)}{\partial z}=\frac{\partial}{\partial x}\mu_t(\frac{\partial \varepsilon}{\partial x})+\frac{\partial}{\partial y}\mu_t(\frac{\partial \varepsilon}{\partial y})+\frac{\partial}{\partial z}\mu_t(\frac{\partial \varepsilon}{\partial z})+C_1G_k\frac{\varepsilon}{k}-C_2\rho\frac{\varepsilon^2}{k}$$

$$\varepsilon=C_D\frac{k^{3/2}}{\ell}$$

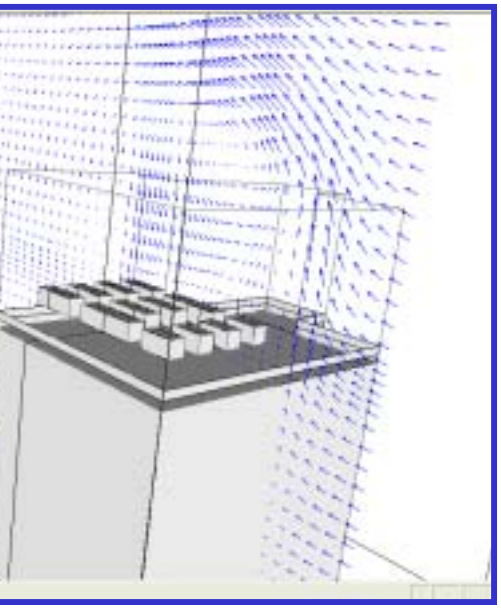
$C_D=0.09$　　$C_1=1.44$　　$C_2=1.92$

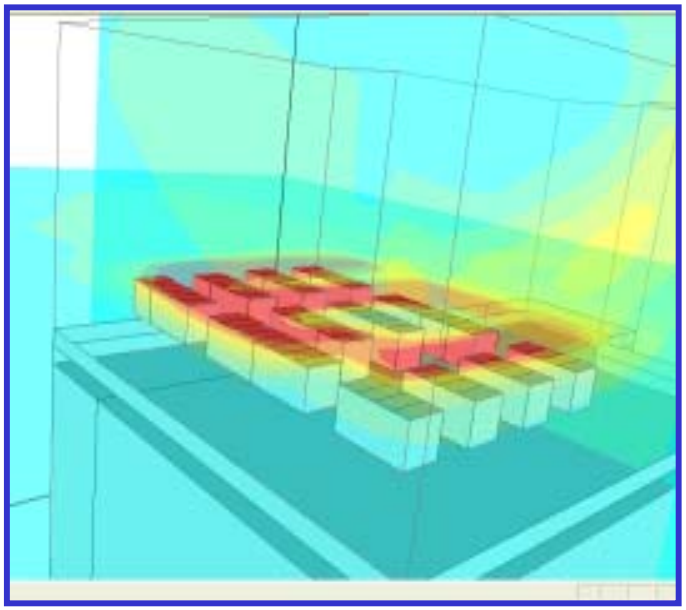
壁面近傍

⇨対数側を用いた壁関数によるマッチング

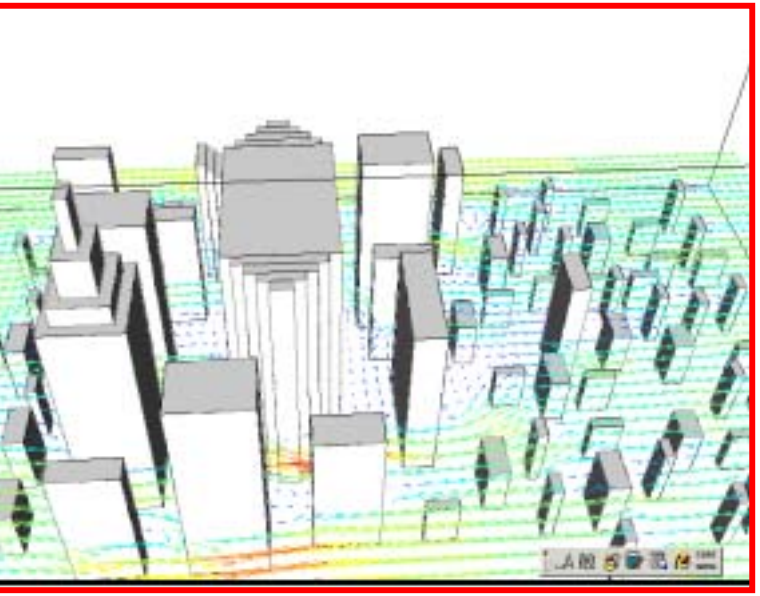
Copyright© 2003 Advanced Knowledge Laboratory Inc. All Right Reserved

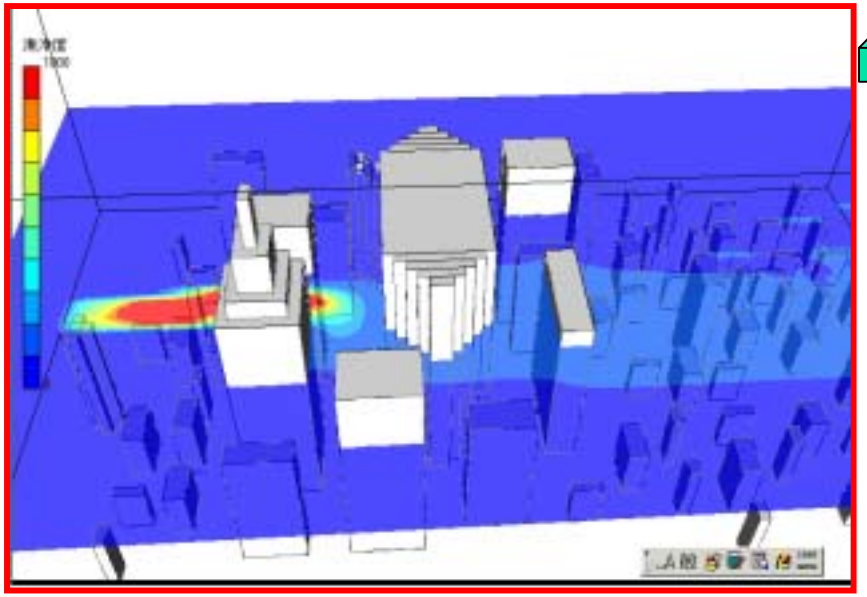
解析例





ビル屋上設置空調室外機の排熱干渉解析

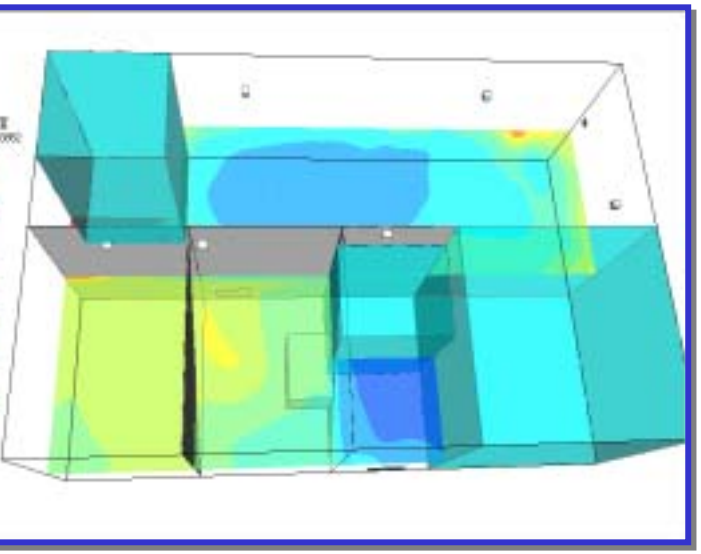


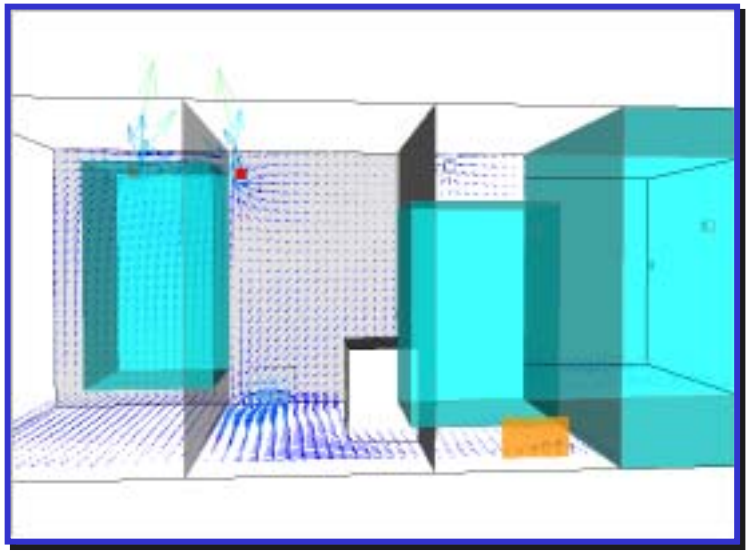


ビル屋
煙突か
の拡散
解析

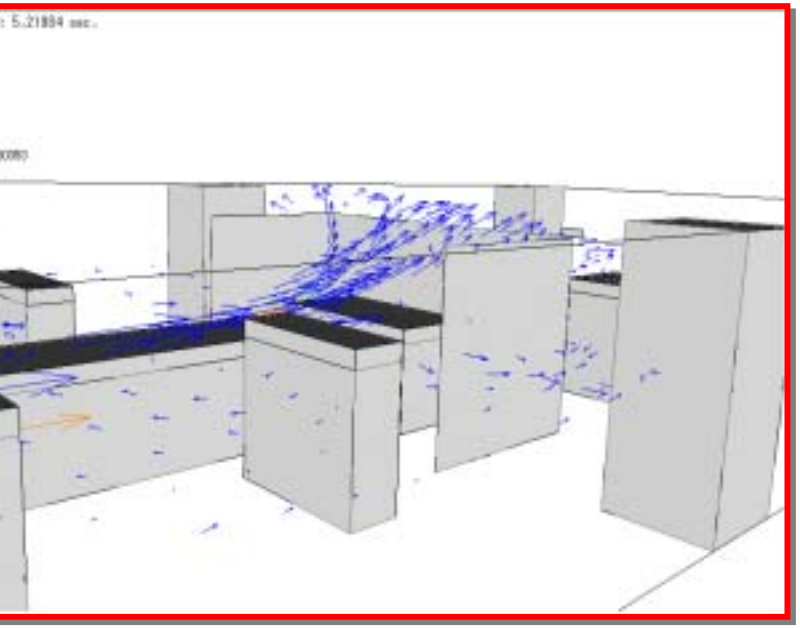
Copyright© 2003 Advanced Knowledge Laboratory Inc. All Right Reserved

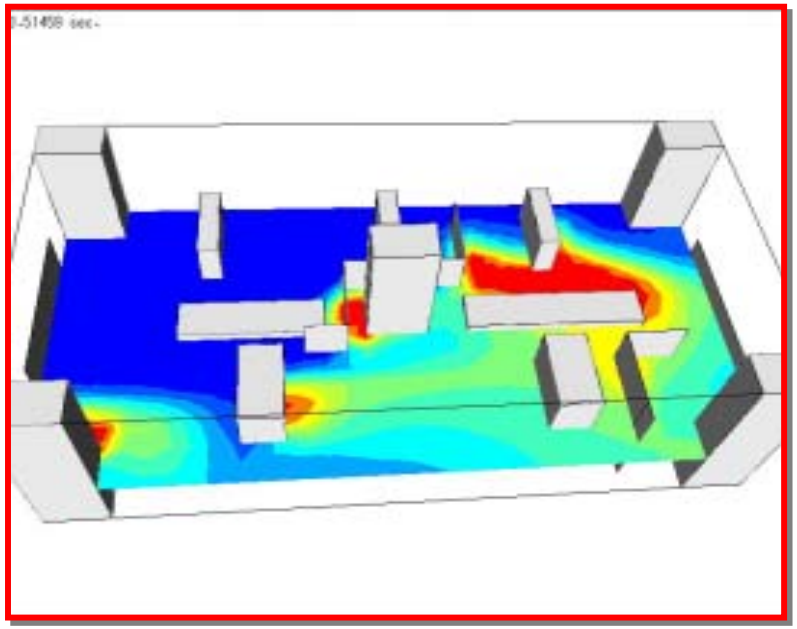
解析例





第3種換気に
室内空気環境

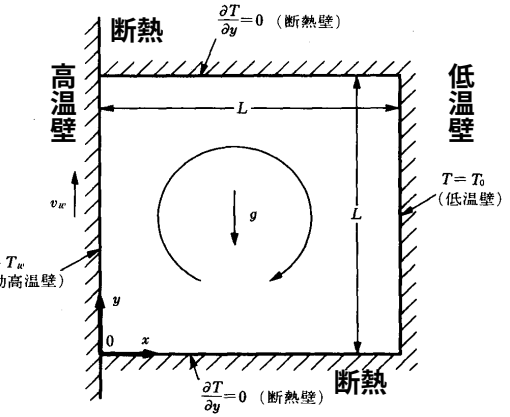




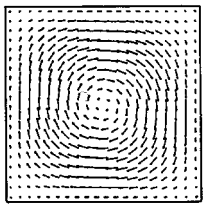
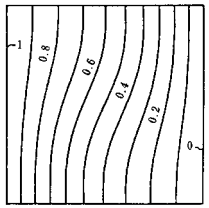
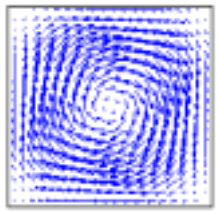
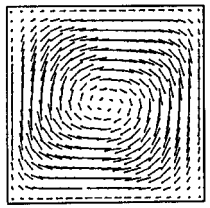
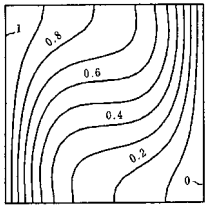
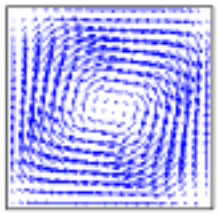
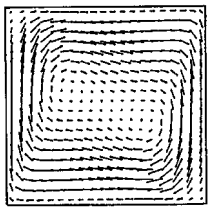
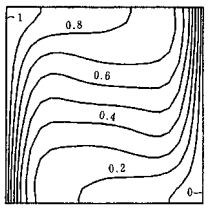
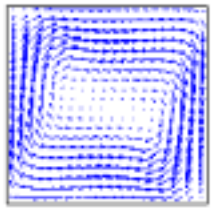
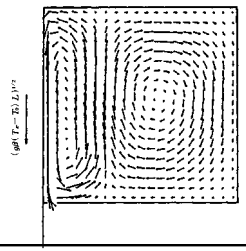
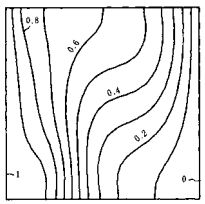
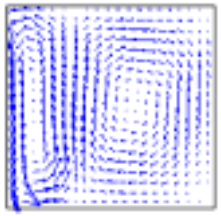
工場内
換気気
解析

Copyright© 2003 Advanced Knowledge Laboratory Inc. All Right Reserved

精度検証



上図のような空間では、高温壁側で暖められた空気が浮力により室内を上昇し、天井にぶつかった後、低温壁で冷却されることにより、空間内に流れと温度分布が生じます。検証例では、高温壁－低温壁の温度差を変化させた場合（ケース1～3）、高温壁側に浮力で上昇する空気とは逆向きに強制流を起こした場合（ケース4）について文献値との比較を行なっています。温度差による自然対流と強制対流の複合場に対する検証例ですが、文献値と比較しても良好な予測が可能であることを示しています。

	文献値（Int.J.Num.Method.Fluid）		FSXによる結果	
	流速分布	温度分布	流速分布	温度分布
ケース1				
ケース2				
ケース3				
ケース4				

Copyright© 2003 Advanced Knowledge Laboratory Inc. All Right Reserved