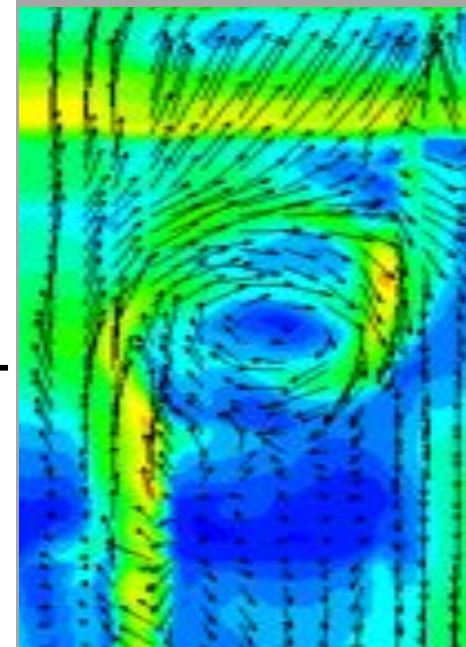


(株)森村設計における  
オープンCAEに関する取り組み

*Engineering Design Using Open CAE*



株式会社森村設計  
環境部 小縣信也  
ogata@ptmtokyo.co.jp

1. 当社の紹介
2. OpenCAEに関する取り組み
3. OpenFOAMを用いる理由
4. 光環境ソフト”Radiance”の導入

## 当社の紹介

|         |                                                       |
|---------|-------------------------------------------------------|
| 社名      | 株式会社 森村設計<br>[英文社名 : P.T.Morimura & Associates, Ltd.] |
| 代表取締役会長 | 森村武雄                                                  |
| 代表取締役社長 | 森村 潔                                                  |
| 設立      | 1965年2月23日                                            |
| 本社      | 東京都目黒区中目黒1丁目8番8号 MEGURO F2<br>BUILDING                |
| 高松事務所   | 香川県高松市三名町569-10                                       |
| 主な業務    | 建築設備エンジニアリングに関わる設計・監理/コンサル<br>ティング                    |

# 主な業務

## ■ 建築設備設計・監理

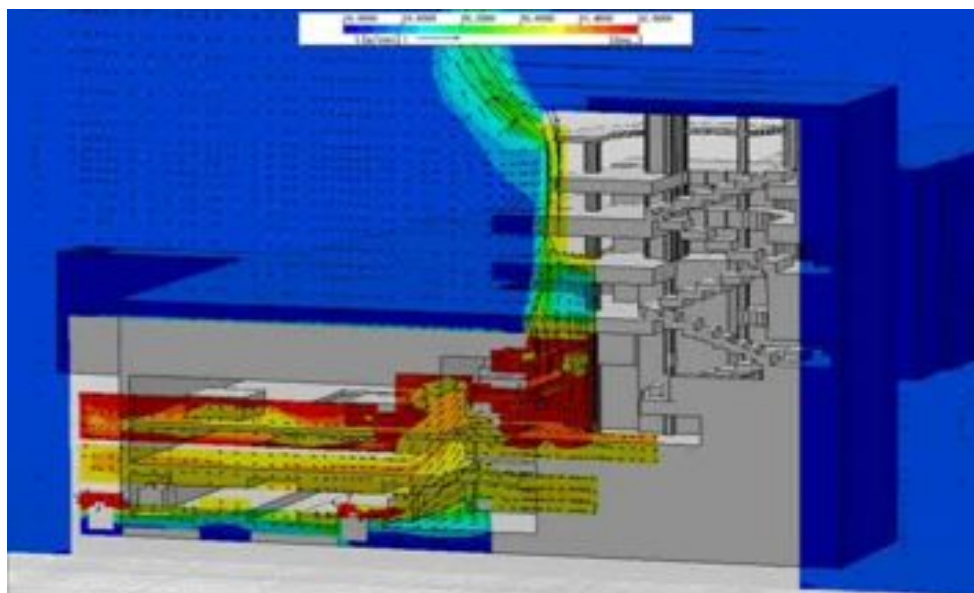
## ■ 建築設備エンジニアリングに関わるコンサルティング

- ・建物省エネ診断、改善案の提案
- ・コンペ、プロポーザルの技術協力
- ・シミュレーションを用いた受託解析（CFD、熱負荷、熱源）
- ・実験計画の立案及び実施
- ・大学などの研究機関や民間企業との共同研究

# 業務紹介: 副都心線渋谷駅

—プラットフォームにおける快適性、自然換気システム及び放射冷房—

- 主要用途 駅舎 鉄道施設
- 所在地 東京都渋谷区
- 設計 意匠: 安藤忠雄建築研究所  
構造・設備: 日建設計 + 東急設計コンサル  
タント + 森村設計
- 施工 渋谷駅開業設備工事共同企業体 (鹿島  
建設・東急建設・大成建設)



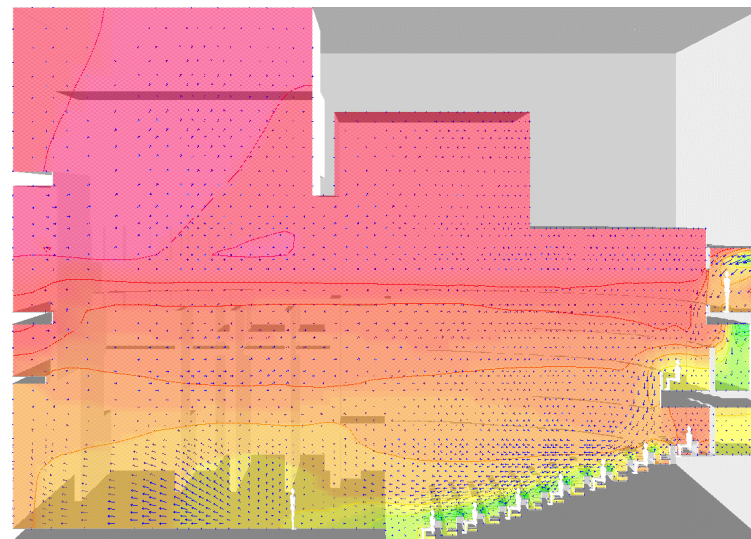
地下および換気塔をモデル化し、自然換気のシミュレーションを行った。



# 業務紹介：静岡県コンベンションセンター - 椅子空調システム-



建築設計：磯崎新アトリエ  
建築面積：13,647m<sup>2</sup>  
延床面積：60,630m<sup>2</sup>  
階数：地上12階、地下3階、高さ  
39.95m  
構造：鉄骨鉄筋コンクリート+鉄骨造

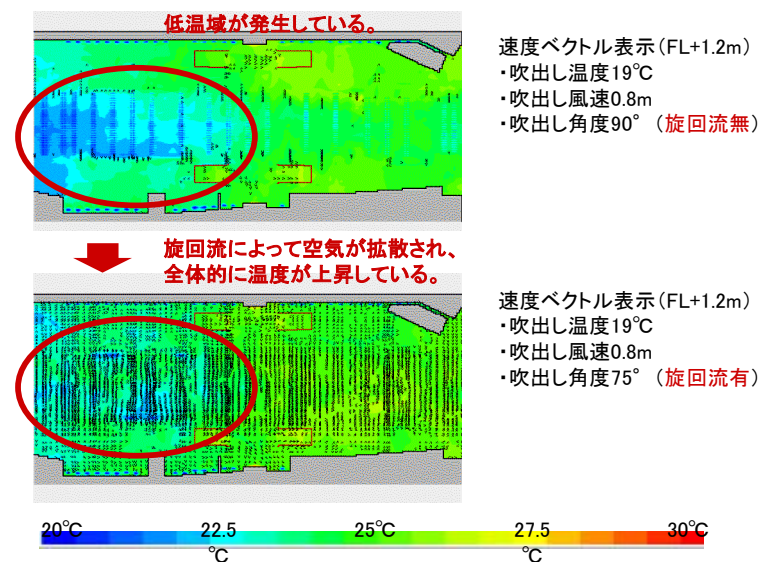
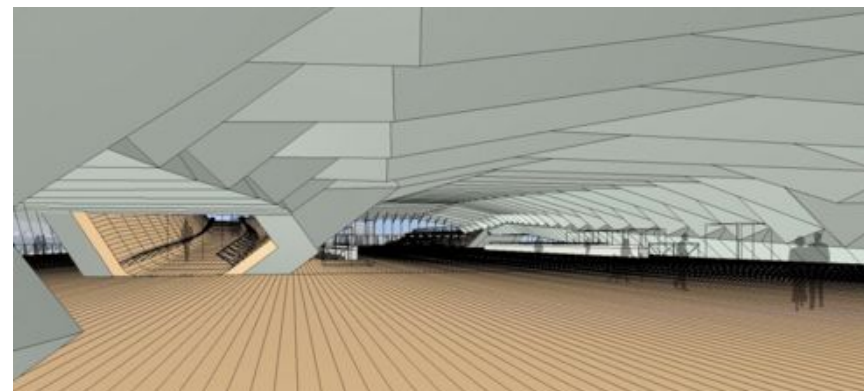


ホール全体をモデル化し、居住空間の温熱環境をシミュレーションした。



# 業務紹介：横浜客船ターミナル -大旋回流による大空間居住域空調システム-

|      |                      |
|------|----------------------|
| 建築設計 | エフォーアーキテクツリミテッド      |
| 設備設計 | (株)森村設計              |
| 主用途  | 客船ターミナル              |
| 規模   | 34,732m <sup>2</sup> |
| 階数   | 地上2階 地下1階            |
| 構造   | 鉄骨造 一部鉄筋コンクリート造      |
| 竣工   | 平成14年11月             |



CFDを用いて、空調方式の検討を行った。

## OpenCAEに関する取り組み

|       |     |                             |                                |
|-------|-----|-----------------------------|--------------------------------|
| 2010年 | 5月  | OpenFOAMをインストール             |                                |
|       | 9月  | 市街地風環境評価業務                  | OpenFOAM業務 1件目                 |
|       | 12月 | サーバールームの温熱環境解析              | OpenFOAM業務 2件目                 |
| 2011年 | 4月  | OpenFOAMと外部プログラムの連成プロジェクト   | OpenFOAM業務 3件目                 |
|       | 4月  | FOCUSスパコンの導入                |                                |
|       | 4月  | 光環境シミュレーションソフト”Radiance”の導入 |                                |
|       | 5月  | オープンCAE学会賛助会員 入会            |                                |
|       | 6月  | 6thOpenFOAM Workshop参加      |                                |
|       | 6月  | ホールの光環境解析業務                 | Radiance業務 1件目                 |
|       | 予定  | 人体周りの気流解析業務                 | OpenFOAM業務 4件目                 |
|       | 予定  | 輻射空調システムのシミュレーション           | OpenFOAM業務 5件目                 |
| 合計    |     |                             | OpenFOAM業務 5件<br>Radiance業務 1件 |

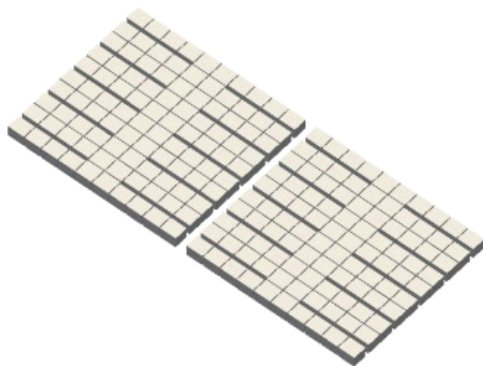


# OpenFOAMを用いる理由① 大規模計算に強い

■市街地風環境評価業務においては、計算条件が**300Case**という膨大な計算をこなすため、OpenFOAMを採用した。

(建物高さ2種類×セットバック距離3種類×前面道路幅5種類×隣棟間隔距離2種類×風向5種類＝300)

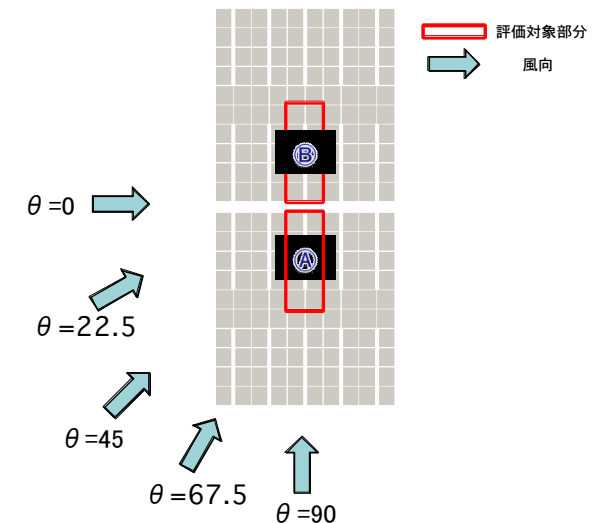
## 基本街区モデル



## モデルパターン

| パラメータ | 説明           | 設定値                    | 説明図 |
|-------|--------------|------------------------|-----|
| H     | 建物高さ         | 6m、9mの2種類              |     |
| Sb    | 建物形状(セットバック) | 上層階の壁面後退距離0m、1m、2mの3種類 |     |
| W     | 道路幅員         | 2m、3m、4m、5m、6mの5種類     |     |
| D     | 建物の隣棟間隔      | 0.5m、1mの2種類            |     |

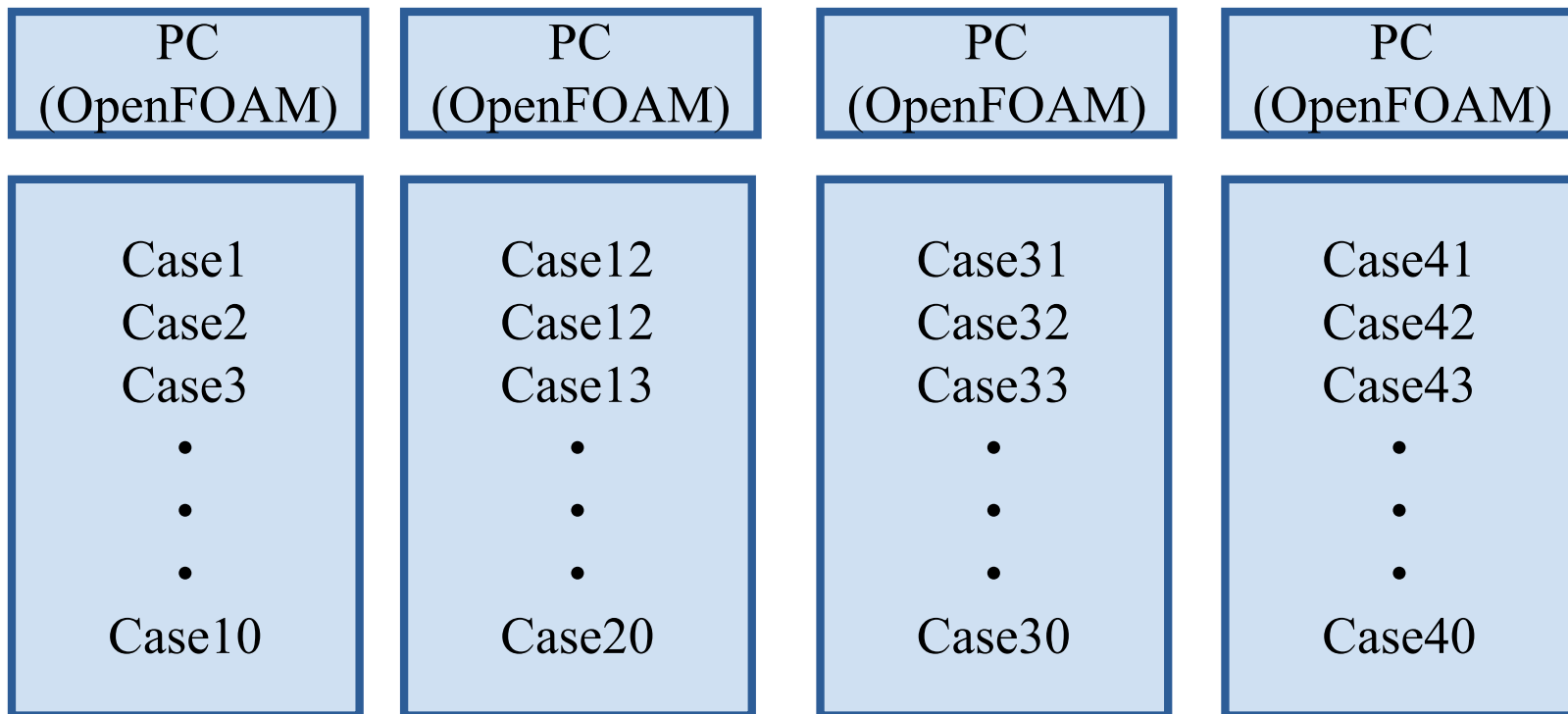
## 風向



## OpenFOAMを用いる理由① 大規模計算に強い

■合計300Caseという膨大な条件数を計算するため、複数のPCにOpenFOAMをインストールし、平行して計算を行った。

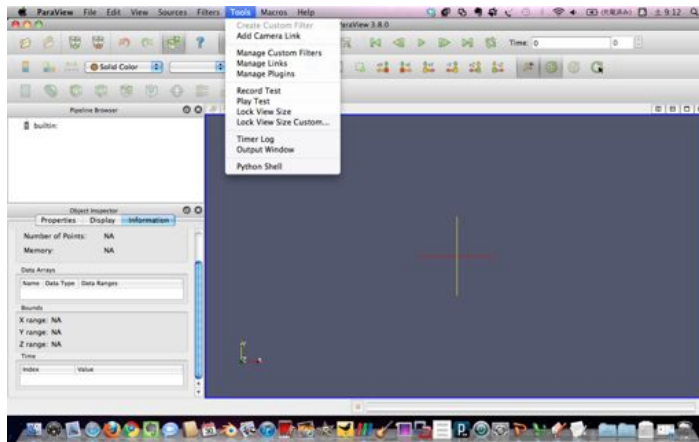
■各PCでは、Caseを連続的に計算させるためのシェルスクリプトからOpenFOAMを実行しているため、計算を効率よく行える。



# OpenFOAMを用いる理由① 大規模計算に強い

- Paraview pythonを用いると、複数のCFD計算結果に対して、同じ処理を施すことができる。例、同じ断面位置のベクトル図作成
- Paraview上で1つのpythonスクリプトを実行するだけで、300Caseの計算結果処理ができる。

Paraview python



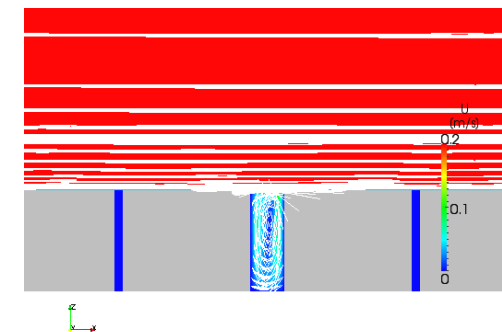
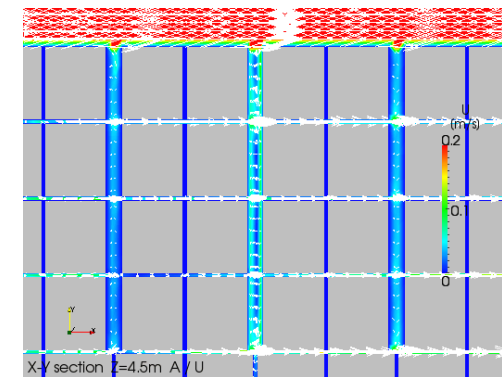
Paraview pythonを用いた  
連続処理

Paraview python



Case1  
Case2  
Case3  
•  
•  
•  
•  
•  
•  
Case300

計算結果



X-Z section Y=-26.5m Y1A / U

## OpenFOAMを用いる理由② ソルバーを自由に改良できる

- 市街地風環境評価の業務において、街区の換気性能を求めるため、汚染質濃度の拡散を計算した。
- 既存のscalarTransportFoamには、粒子発生項がなかったため、既存ソルバーに発生項を追加するという改良を行った。
- 計算対象に応じて自由にソルバーを改良できることもOpenFOAM採用理由の1つ。

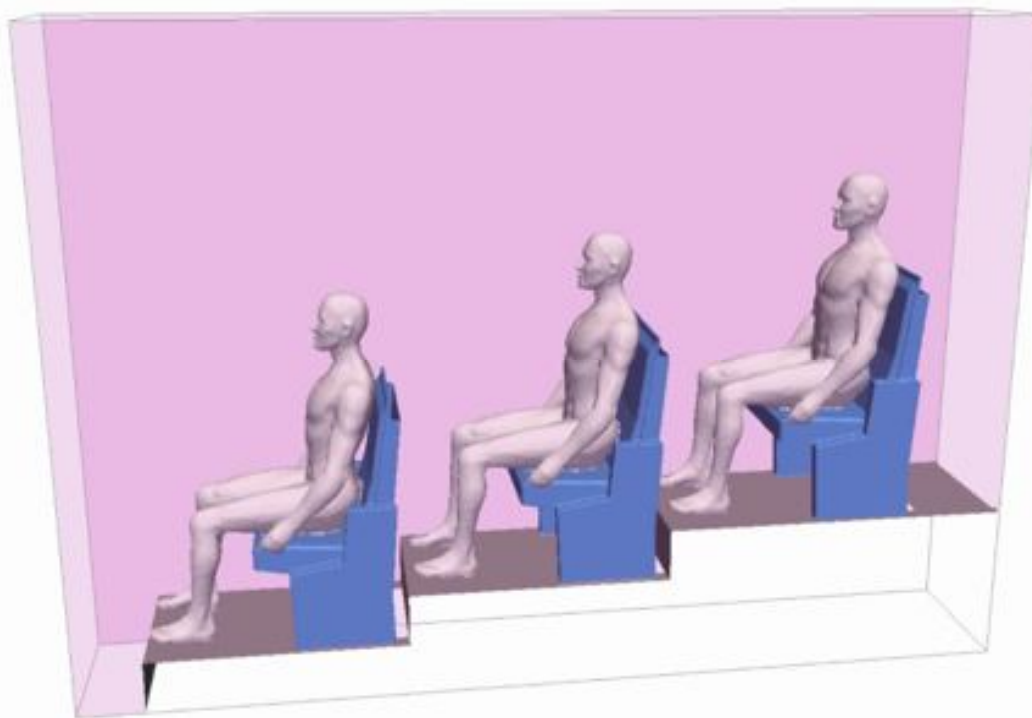
scalarTransportFoam.Cの改良

$$\frac{\partial T}{\partial t} + v \nabla T = D \nabla^2 T + \boxed{S}$$

T:粒子濃度  
v:風速  
D:拡散係数  
S:粒子発生量

## OpenFOAMを用いる理由③ 既存の人体モデルを利用できる

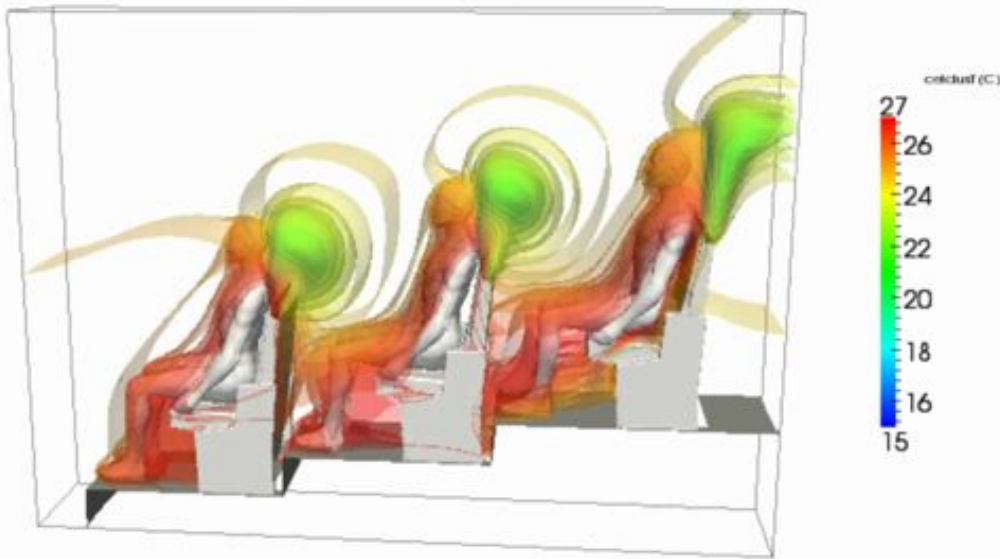
- 室内環境の温熱評価の際、CFD上で詳細な人体モデルを再現できると検討の幅が広がる。
- snapyHexMeshを用いると、既存のCAD人体モデルを取り込むことができ、人体周辺の温熱環境をより詳細に解析することができる。



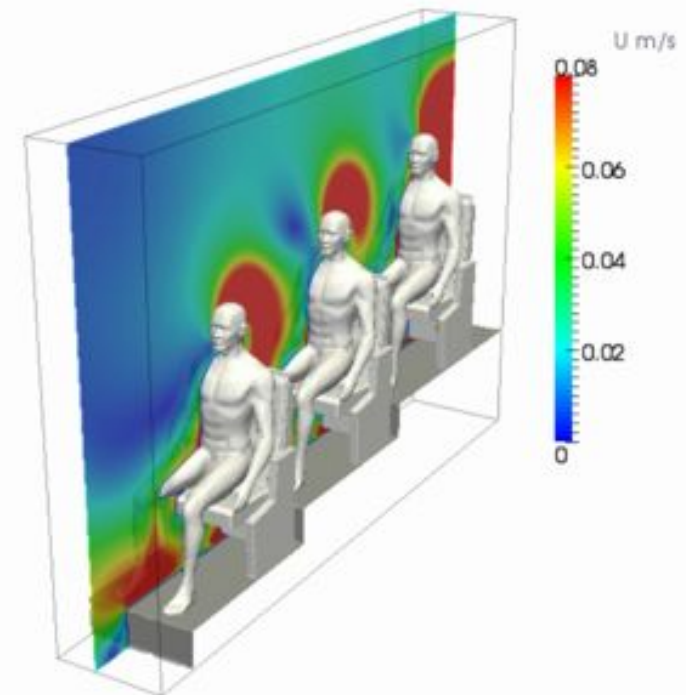
人体モデル

## OpenFOAMを用いる理由④ 表現力の高い動画を作成できる

- Paraview pythonを用いると、モデルを回転させることや、slice切断位置を連続的に移動させることができる。
- この機能を利用して、表現力の高いプレゼン動画を作成できる。



温度分布

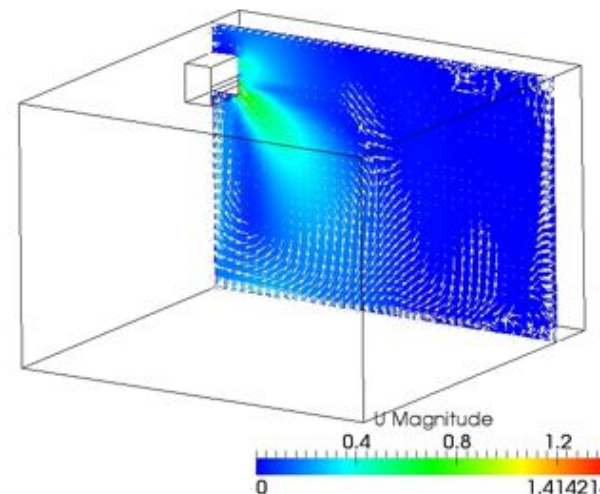
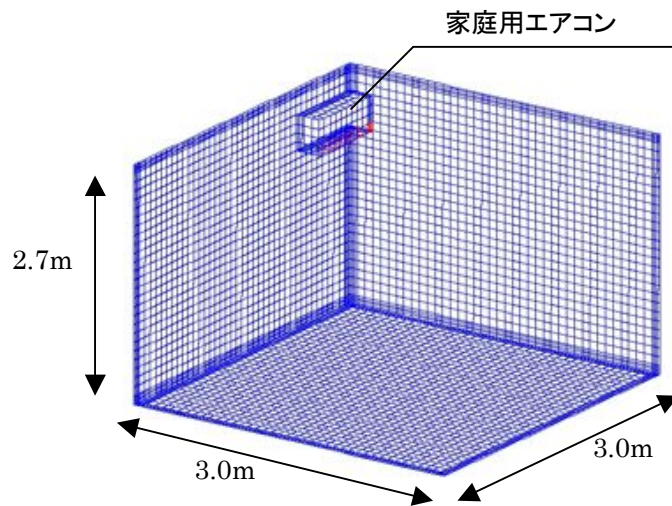
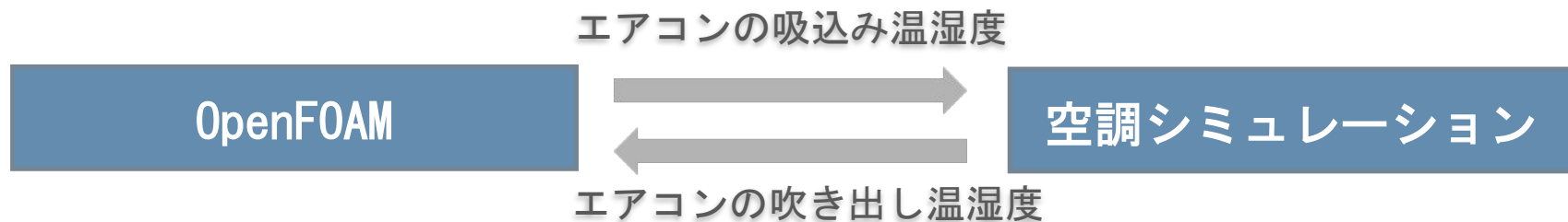


速度分布



## OpenFOAMを用いる理由⑤ 外部プログラムと連成させることができる

- 室内気流解析(CFD)と空調シミュレーション(自作ソフト)を連成させるプログラムを開発中。
- 受け渡すデータは、エアコンの吸い込みおよび吹き出しの温湿度。
- OpenFOAMを用いると、外部プログラムと連成させることが可能。



## OpenFOAMを用いる理由⑥ CPU並列計算が容易

- OpenFOAMは並列計算が容易。
- スパコンを導入し、大規模計算の実施やCPU並列による計算時間の短縮化を目指している。

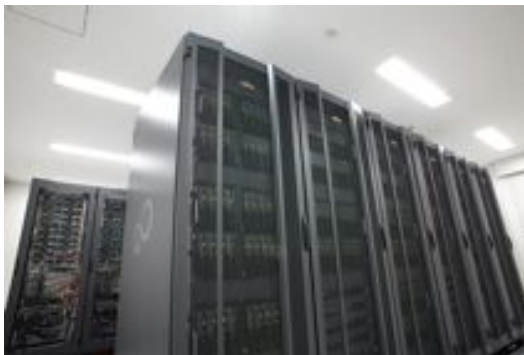
### 当社の計算機環境

#### ○HP Z800 work station

- Xeon5670 6コア×2

#### ○計算科学振興財団(FOCUS) スパコン導入

- 2011年4月から導入
- OpenFOAMのCPU並列計算を実行
- 並列効率は現在調査中



財団法人 計算科学振興財団

## ■ OpenFOAM

- ・輻射環境計算モデルの構築

室内の快適性を評価するには、人体と壁間の放射熱伝達を解く  
必要があり、輻射環境を考慮できると検討の幅が広がる。

OpenFOAM vr2.0.0の形態係数算出ソルバーに期待。

- ・建物地下に設置する蓄熱槽モデルの構築
- ・建物壁内部の結露予測シミュレーション用ソルバー開発
- ・FOCUSスパコンの本格的活用

## ■ ”Radiance”を用いた光環境シミュレーション

# 光環境シミュレーションの概要

## ・使用ソフト

Radiance (開発元: 米国ローレンスバークレー国立研究所)  
オープンソース。

国内外の多くの研究者が利用。計算精度に定評がある。

## ・入力項目

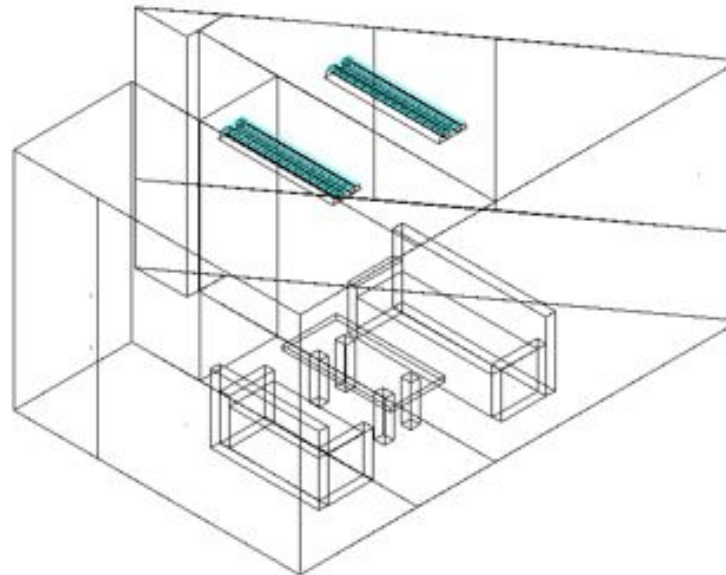
可視光反射率、鏡面反射率、粗度、緯度、経度、天気(標準では晴天、薄曇り、一様曇天の3種類)

## ・出力項目

照度及び輝度分布画像、任意の場所の照度及び輝度

# 光環境シミュレーションの概要

## ■計算例① 当社応接室



シミュレーションモデルアクソメ

### 材質設定

|        | Reflectance<br>[%] | Specularity<br>[%] | Transmittance<br>[%] | Roughness<br>[%] |
|--------|--------------------|--------------------|----------------------|------------------|
| 天井・壁・床 | 59.5               | 0                  | 0                    | 0                |
| ソファ    | 17.9               | 0                  | 0                    | 0                |
| テーブル   | 34                 | 0                  | 0                    | 0                |

|      | Transmittance<br>[%] | Reflectance<br>[%] | Thickness<br>[mm] |
|------|----------------------|--------------------|-------------------|
| 窓ガラス | 73.2                 | 7.8                | 6.76              |

# 光環境シミュレーションの概要

## ■計算例① 当社応接室(昼光)



応接室内観

### 計測条件

天候:曇り

場所:PTM応接室

月日:2月17日

時間:9:30~10:00



シミュレーション結果

### 計算条件

天候:曇り(CIE Overcast)

場所:中目黒(緯度35.64,経度139.70)

月日:2月17日

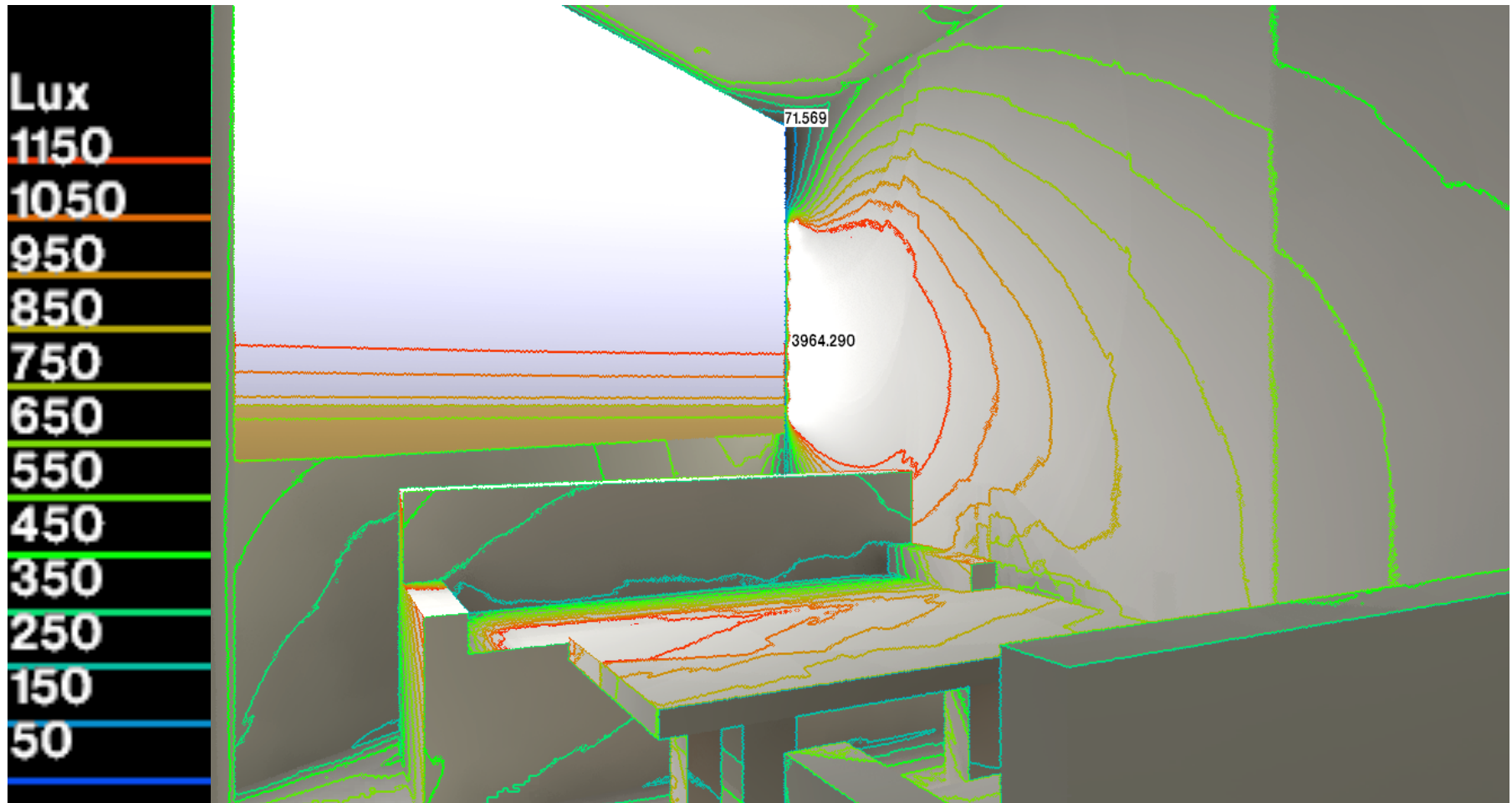
時間:9:45

計算所要時間:5分



# 光環境シミュレーションの概要

## ■計算例① 当社応接室(昼光)



シミュレーション結果 照度分布

ご清聴ありがとうございました。

株式会社森村設計ホームページ

<http://www.ptmtokyo.co.jp/>

ogata@ptmtokyo.co.jp