

寺澤美穂子

- ・東京大学工学系研究科建築学専攻
- ・来年度より森村設計にてOpenFOAM計算業務予定

・OpenFoam使用歴：一年間

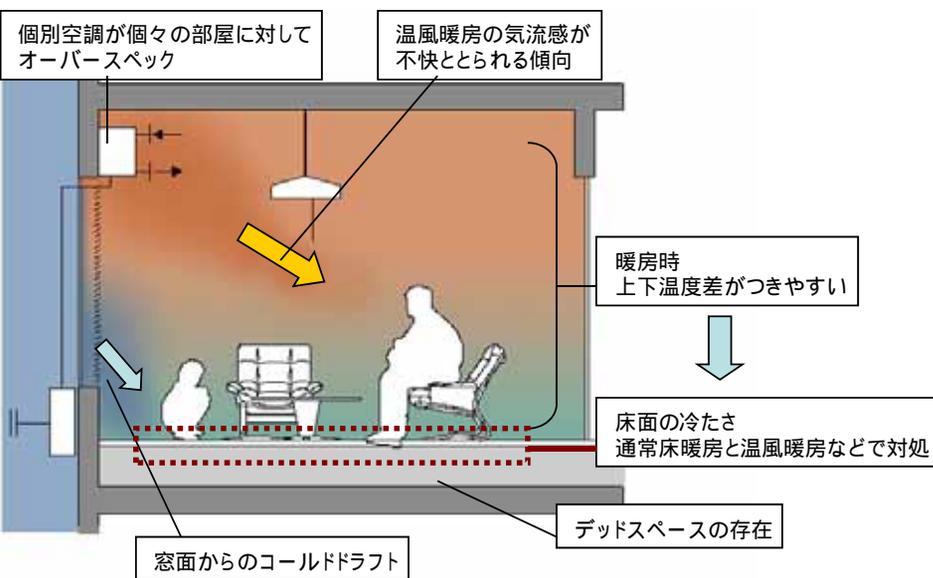
現在の研究成果:

「実測とCFDによる床下チャンバー方式空調の  
気流・温度特性に関する研究」  
(修士論文) 内容抜粋

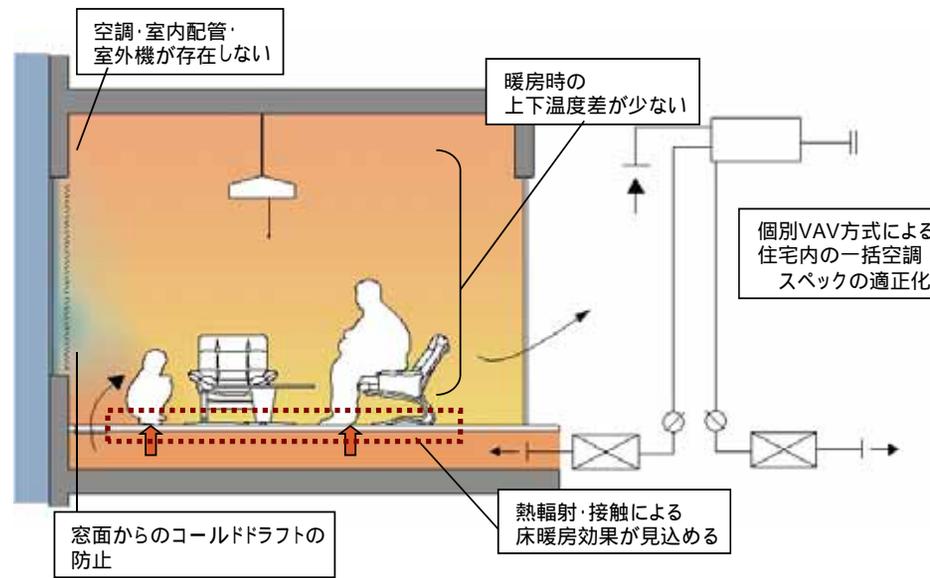
# 1. 研究の背景および目的

・近年、集合住宅において、乾式二重床の床先行工法の採用が増えている。  
このような工法の採用により生じる二重床下空間を冷暖房と換気の給気空間として利用することで床暖房効果もともに期待される空調システムの構築が検討されている

本研究ではこの集合住宅向け床下チャンバー空調を対象に、  
床下空間の気流・熱性状について実験・シミュレーションによる性状把握を目的とする

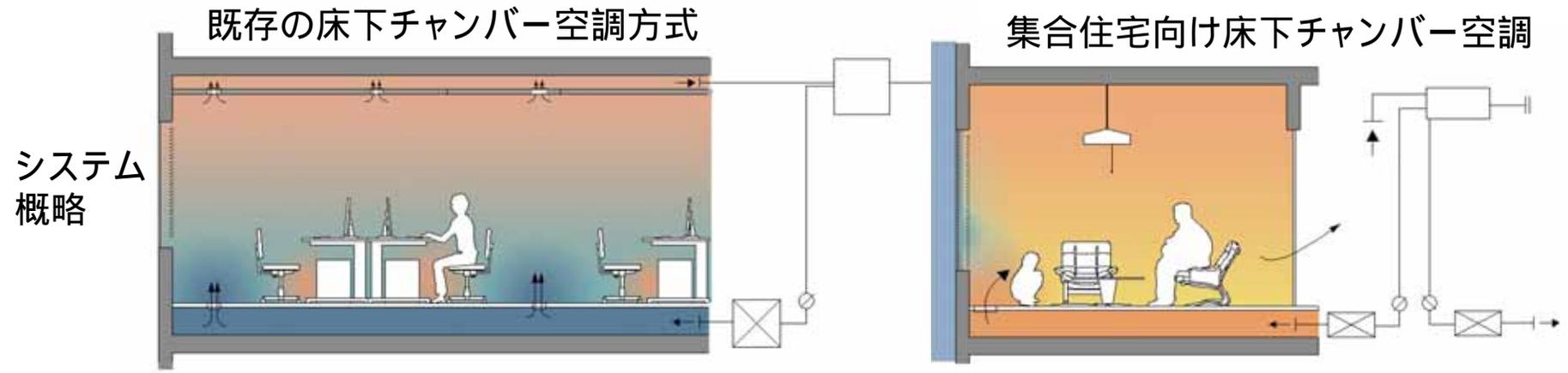


既存空調の問題点(暖房時)

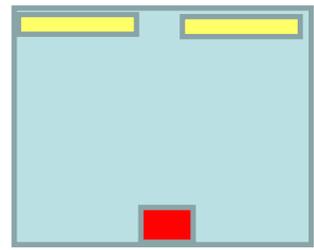
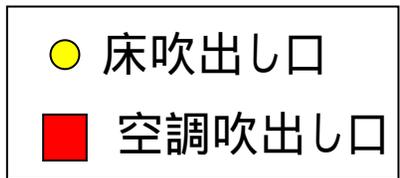
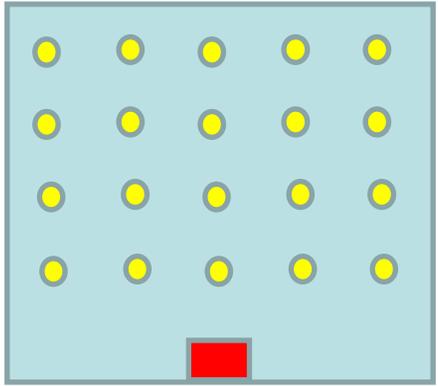


床下チャンバー空調システムに想定される利点(暖房時)

# 1. 研究の背景および目的



吹出し位置に関して



- ・冷房用途(置換換気)
- ・大面積空調
- ・多数の室内に均等配置された吹出し口

- ・暖房用途
- ・小面積・多数室空調
- ・窓面付近の少数吹出し口

空調システムに大きく違いがあり  
計画に合った検討が必要と考えられる

## 2. 実験について

### 2-1 実験手法

#### 2-1-1 実験室概要

#### 2-1-2 実験室のシステム・用語説明

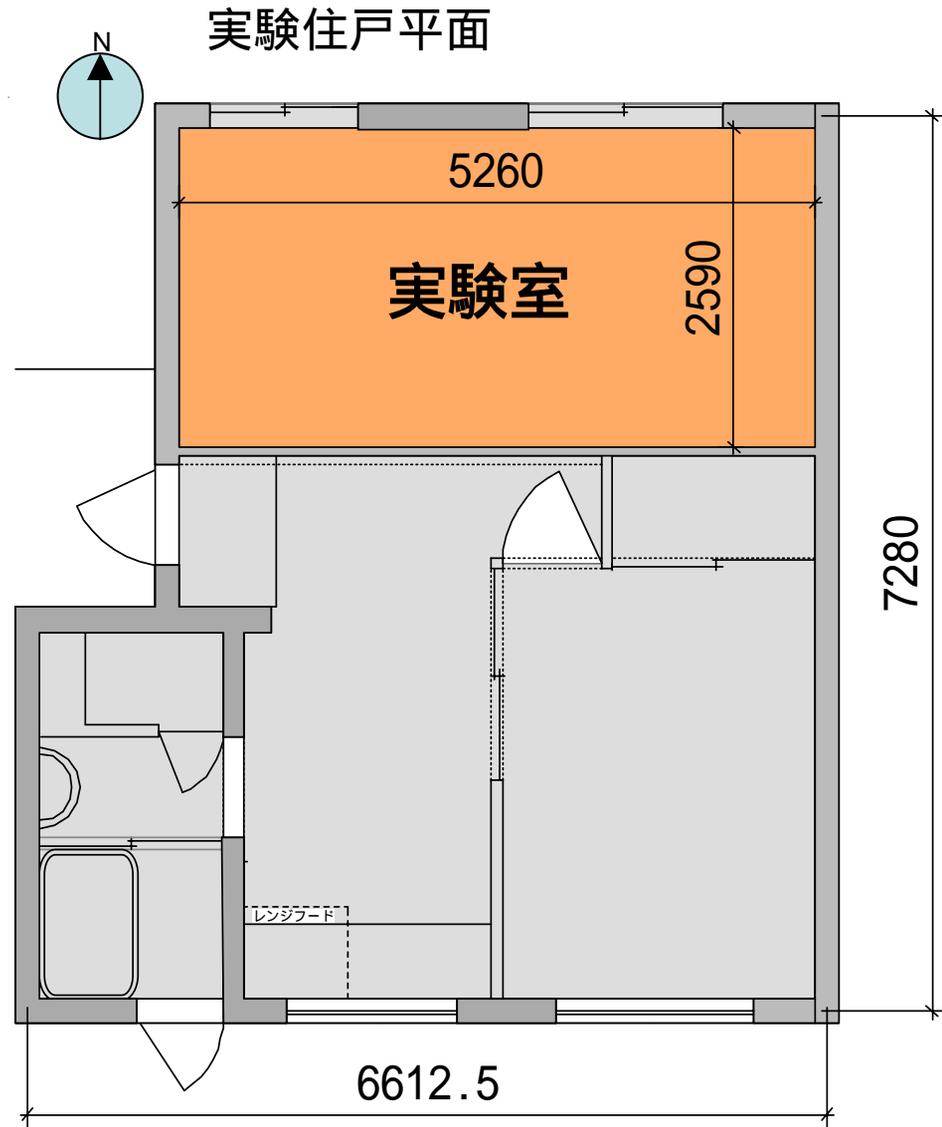
## 2-1 実験室概要

実験サイト: 杉並区 東京電力旧家族寮



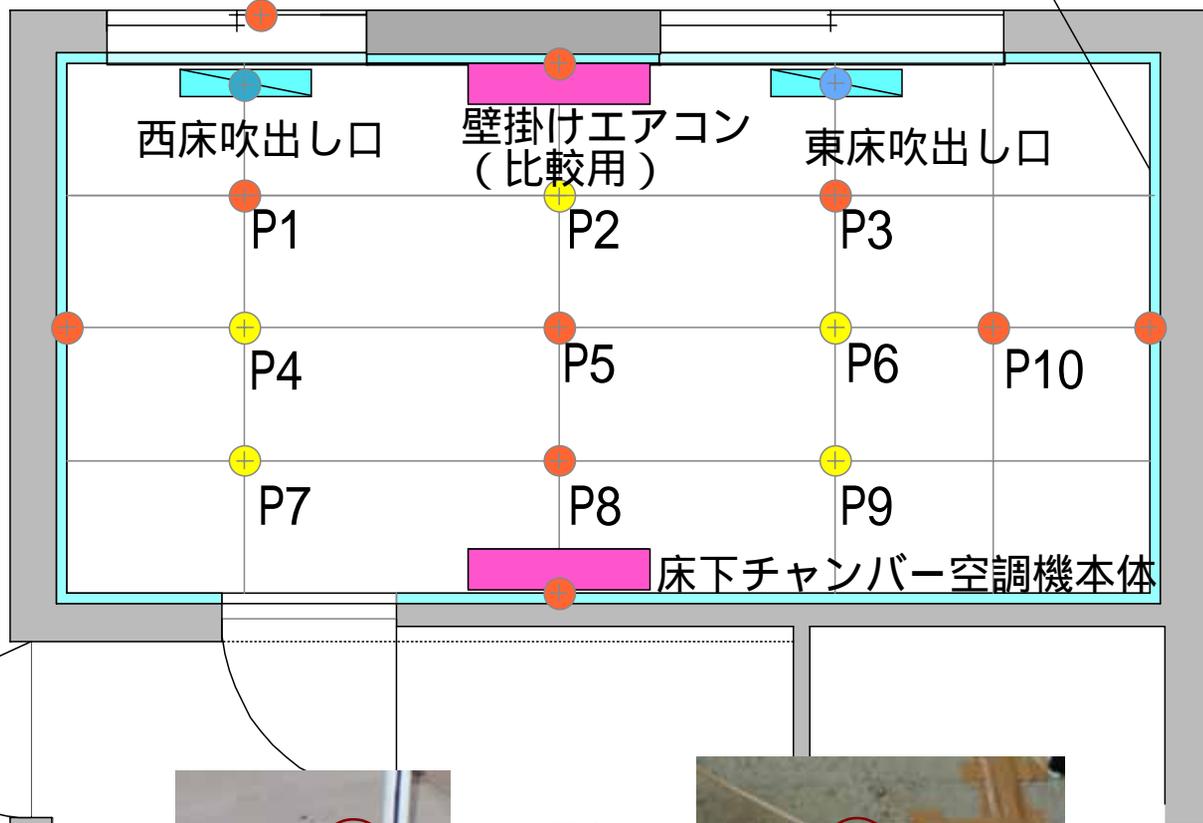
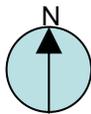
集合住宅の一室を改造しての  
実験を行った

[実験期間] 本年10月～



# 2-1-1 実験室概要

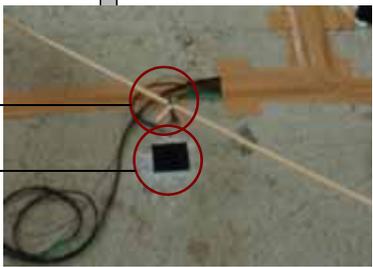
断熱材  
(グラスウール50mm)



- 温度
- 温度・熱流
- 温度・風速



床上測定点



床下測定点

熱電対

熱流計

実験においては図のように平面上に測定点を配し、温度・熱流・湿度などの空間分布を計測している

## 2-1-2 空調システム・用語説明

対照比較用  
壁掛けエアコン

垂直方向測定点の  
位置と名前

FL+1600

FL+1100

FL+600

FL+100

FL+0

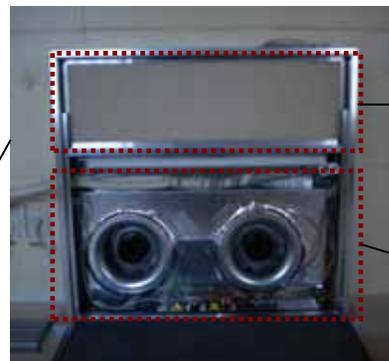
SL+150

SL+75

SL+0

断熱材

空調機本体



エアコン

送風用  
ファン

空調吸込口

床吹き出し口

床下チャンバーに対して  
空調機から気流を吹き出す

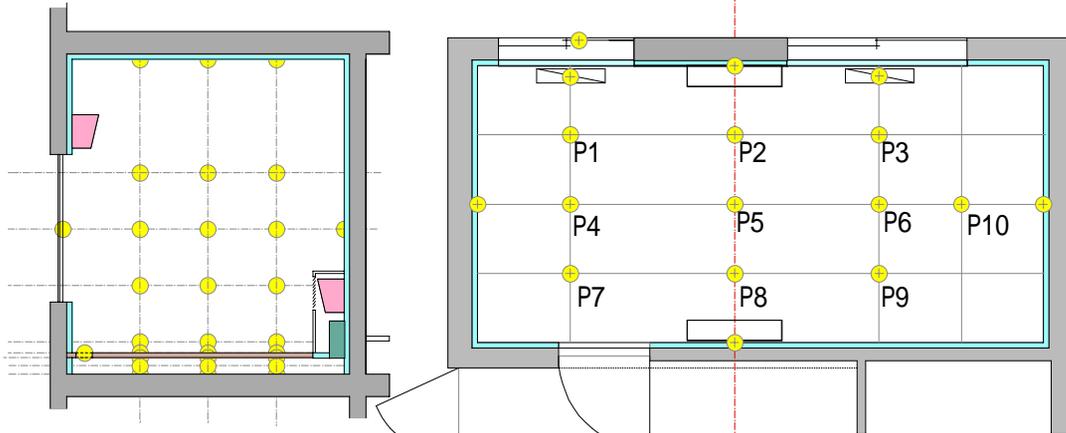
空調吹き出し口

床下チャンバーに対して  
空調機から気流を吹き出す

実運用時とはシステム構成に違いあり

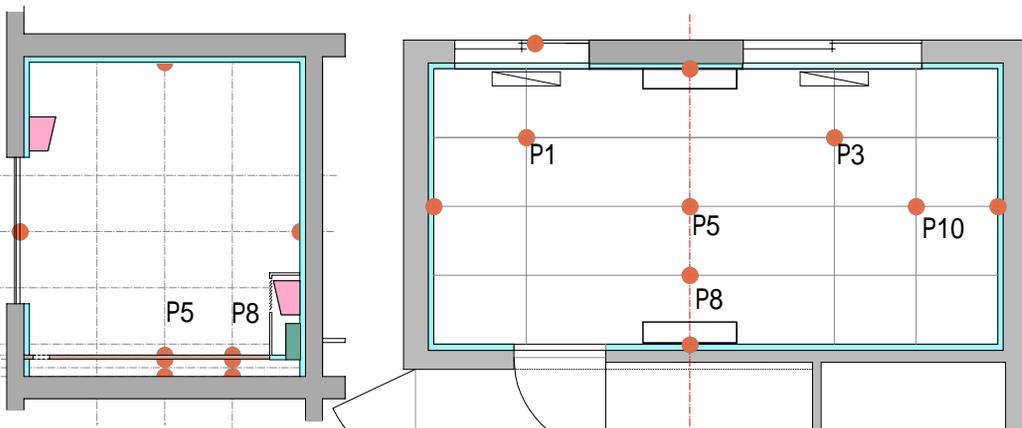
## 2-1-3 測定項目と測定点

### 温度測定点



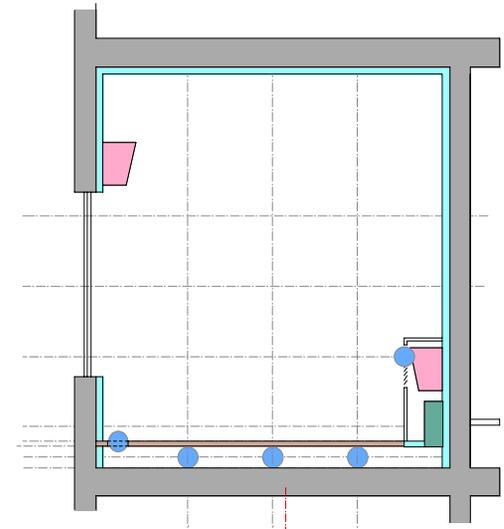
・T型熱電対による測定 単位:

### 熱流測定点



・熱流計(5cm\*5cm)による測定 単位: W/m<sup>2</sup>

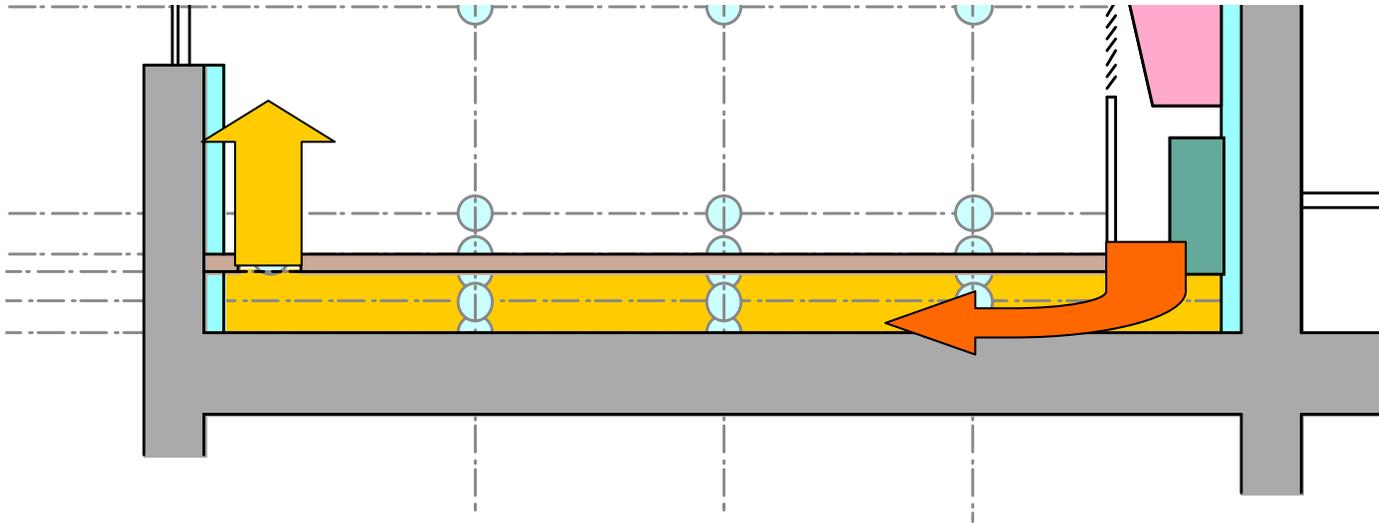
### 風速測定点



・熱点プローブ風速計による測定  
単位: m/s

# 本研究における検討

この空調システムのうち、とくにチャンバー内部に注目



チャンバー内への吹出気流によって形成される

- ・チャンバー内気流性状
- ・チャンバー内温度性状
- ・躯体への伝熱性状

について把握するために、  
CFDシミュレーションによる検討を行った

### 3. シミュレーションについて

#### 3-1 シミュレーションのフロー

#### 3-2 気流解析

##### 3-2-1 解析手法

##### 3-2-2 解析結果

#### 3-3 躯体熱伝導解析

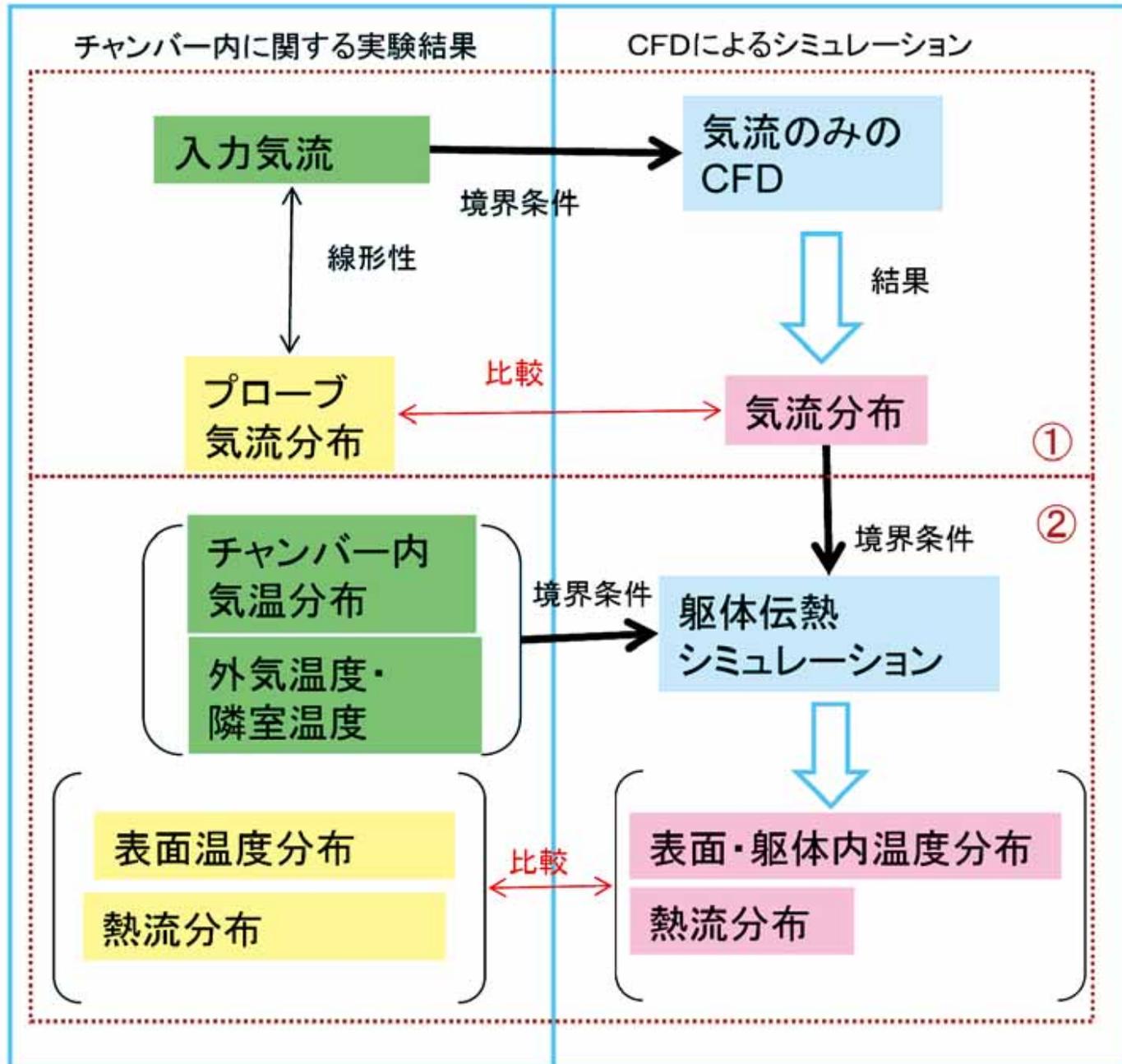
##### 3-3-1 解析手法

- ・床下チャンバーから床スラブへの熱伝達のモデル化
- ・境界条件の代入手法

##### 3-3-2 解析結果

- ・結果1-実験再現
- ・結果2-躯体内熱伝導解析結果

### 3-1 シミュレーションのフロー

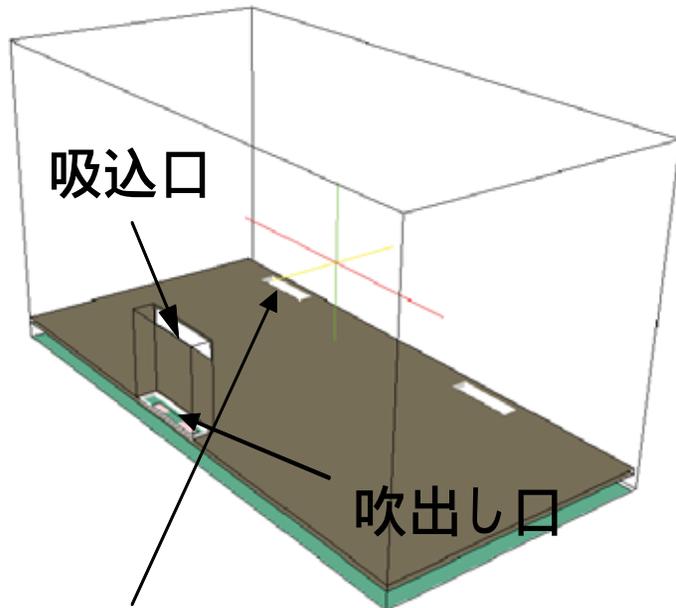


## 3-2 気流解析

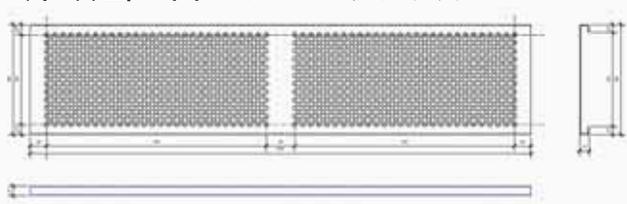
3-2-1 気流解析手法の説明

3-2-2 気流解析の結果

# 3-2-1 気流解析手法の説明



床吹出し口パンチングメタル



風速(実験値 m/s)

吸込口 (Y-)	0.61	1.09	1.53
吹出口 (Z-)	2.72	4.89	6.61

吹出口形状(単位 mm)



実験の吹出し口形状を反映

あり/なし の二種類について  
シミュレーション

$$P = 0.301058 \cdot V^2 + 0.05411 \cdot V^3$$

$v$ : スカラー速度(m/s)

$P$ : 吹出し面内での圧力損失 (Pa)

解法

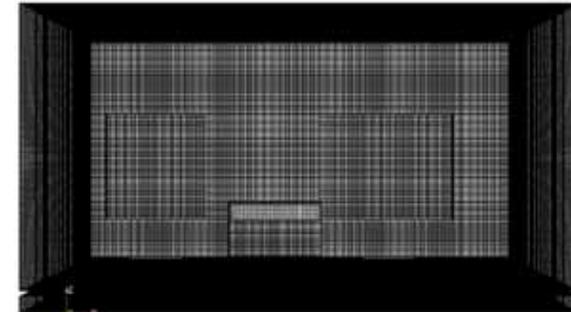
時間解法: SIMPLE法、定常解法  
乱流モデル: 標準k-  
移流項スキーム:

TVD(limited linear)

格子: 均等格子 (幅25mm)

格子数: 272万

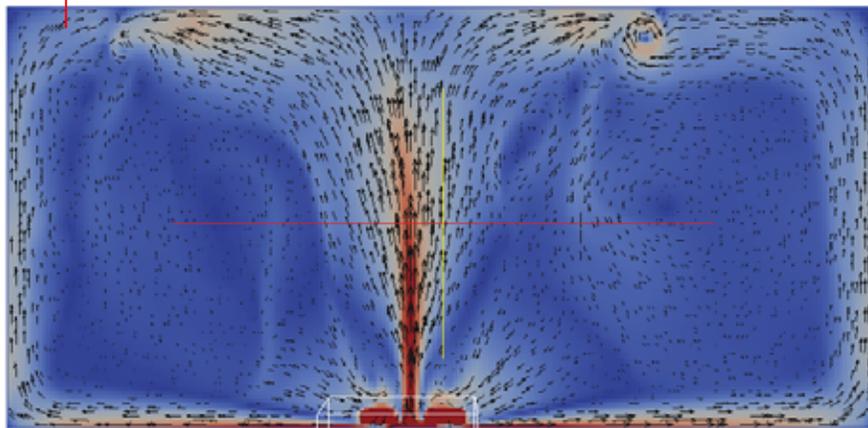
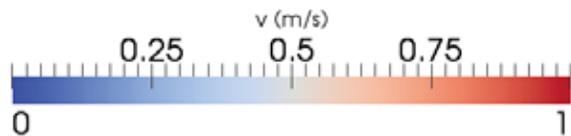
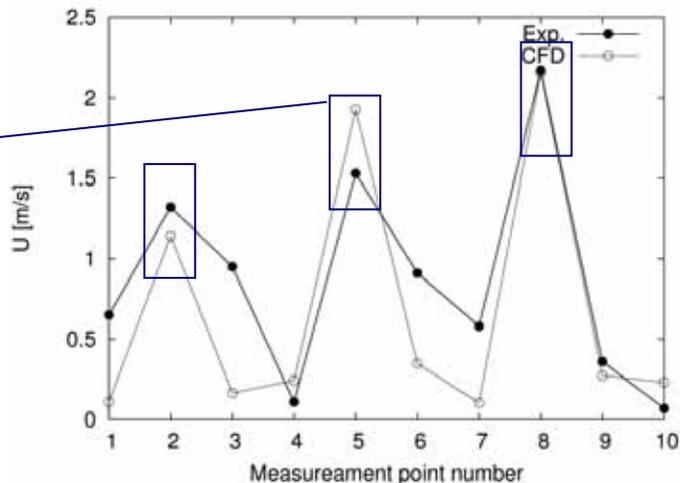
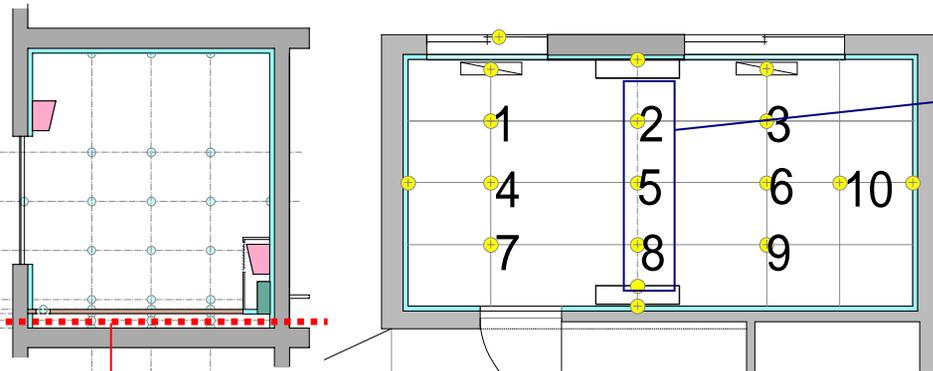
メッシュ



[本実験のパンチングメタルの圧力損失]

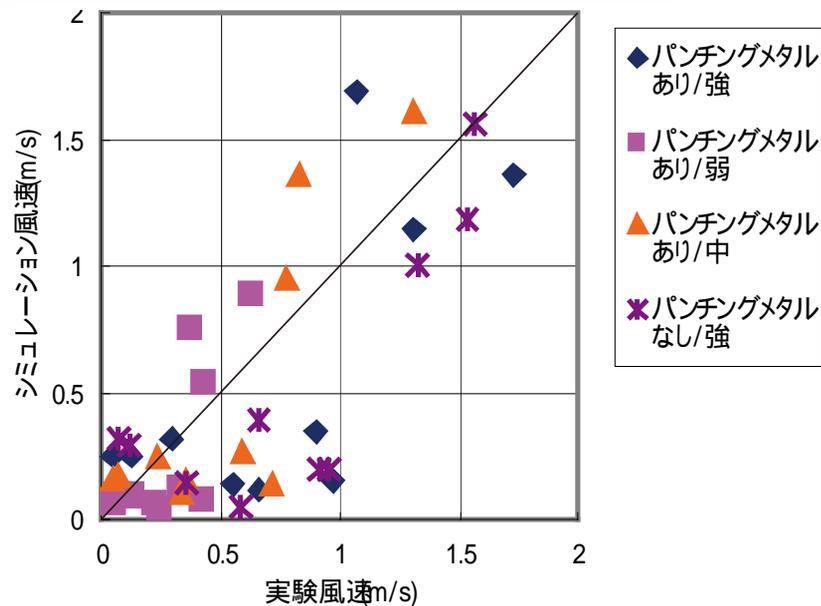
# 3-2-2 気流解析の結果

## 風速シミュレーション結果



SL+75 z断面風速分布図

## パンチングメタルなし・強の場合



実測・シミュレーションの値比較

## 3-3 躯体熱伝導解析

### 3-3-1 解析手法

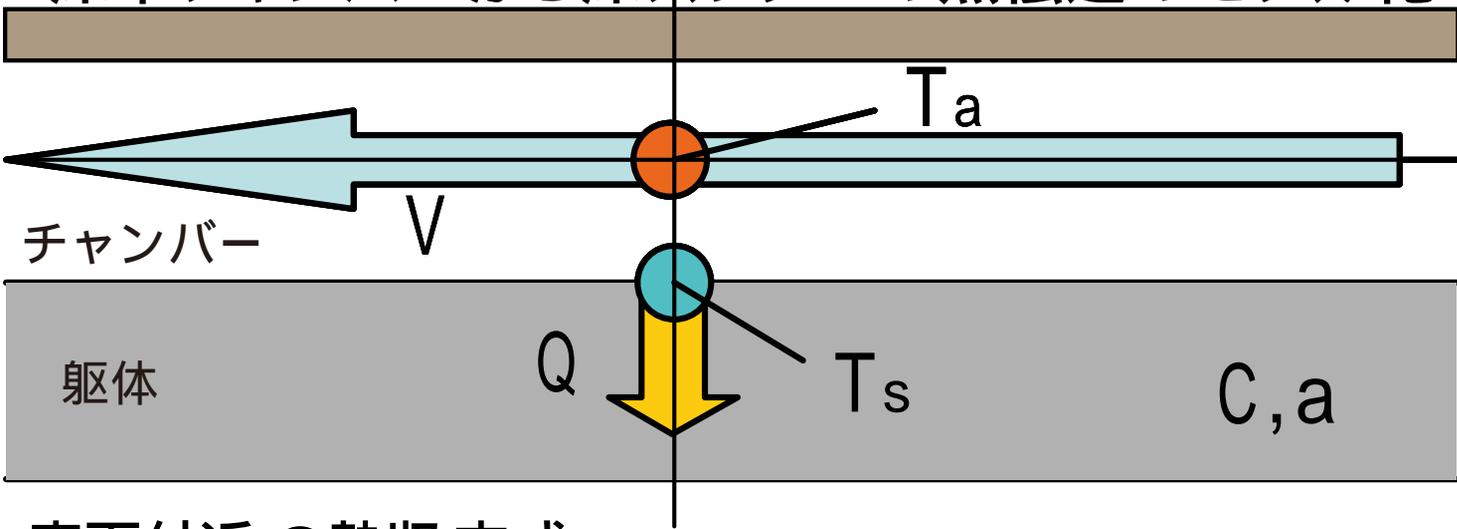
床下チャンバーから床スラブへの熱伝達のモデル化  
境界条件の代入手法

### 3-3-2 解析結果

結果1-実験再現

結果2-躯体内部熱伝導解析結果

### 3-3-1 躯体伝熱解析における 床下チャンバーから床スラブへの熱伝達のモデル化



#### 表面付近の熱収支式

$$Q = \frac{T \cdot C \cdot a}{c(T_a - T_s)}$$

躯体内の熱伝導

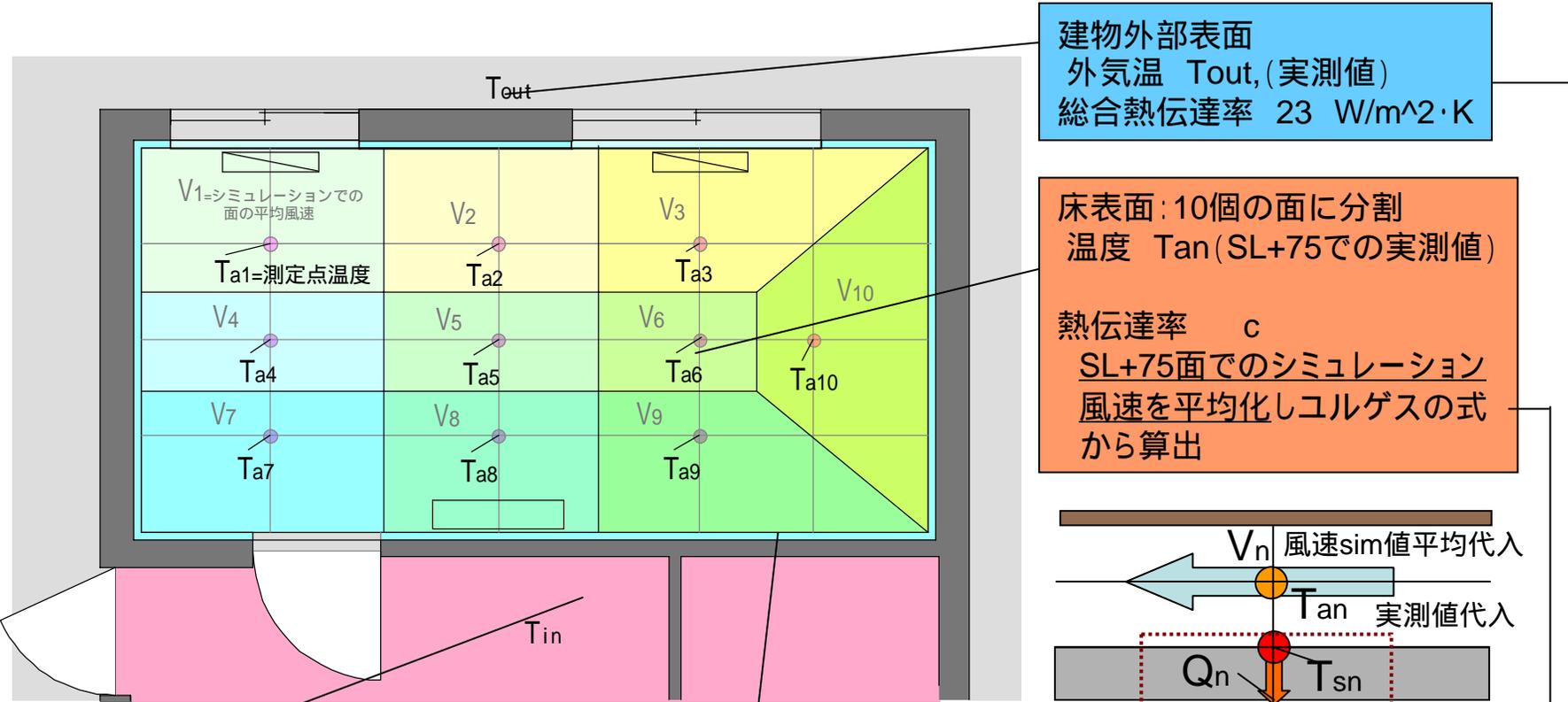
表面熱伝達

- Ta: チャンバー中心空気温度 (K)
- Ts: 表面温度 (K)
- C: 躯体の熱容量 (J/K)
- a: 躯体の熱拡散係数 (m<sup>2</sup>/s)
- T 温度勾配
- c: 対流熱伝達率 (W/m<sup>2</sup>·K)
- V: 風速 (m/s)
- Q: 単位面積あたり熱流 (W/m<sup>2</sup>)

#### 対流熱伝達率 (ユルゲスの式)

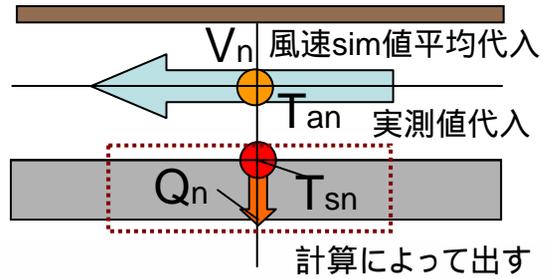
$$c = 5.8v + 3.9(v - 5)$$

# 3-2-2 躯体伝熱解析における境界条件の代入手法



建物外部表面  
 外気温  $T_{out}$ , (実測値)  
 総合熱伝達率  $23 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

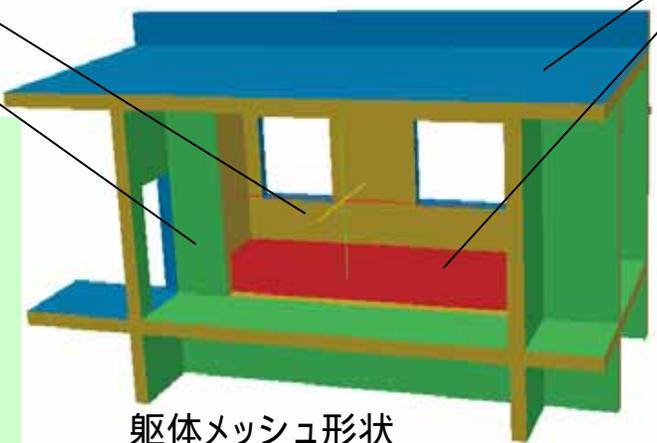
床表面: 10個の面に分割  
 温度  $T_{an}$  (SL+75での実測値)  
 熱伝達率  $c$   
 SL+75面でのシミュレーション  
 風速を平均化しコルゲスの式  
 から算出



隣室・下階温度など  
 気温  $T_{in}$ , (実測値)  
 総合熱伝達率  $12$   
 ( $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$ )

実験室壁面: 断熱条件

ソルバ: LaplacianFoam  
 ・非定常解法  
 移流項スキーム: TVD (limited Linear)  
 メッシュ形状:  
 25mm直交メッシュ  
 スラブ床面付近のみz方向に12.5mm, 6.25mmと  
 表面に近づくにしたがって細かくした



躯体メッシュ形状

## 3-3 躯体熱伝導解析

### 3-3-1 解析手法

床下チャンバーから床スラブへの熱伝達のモデル化  
境界条件の代入手法

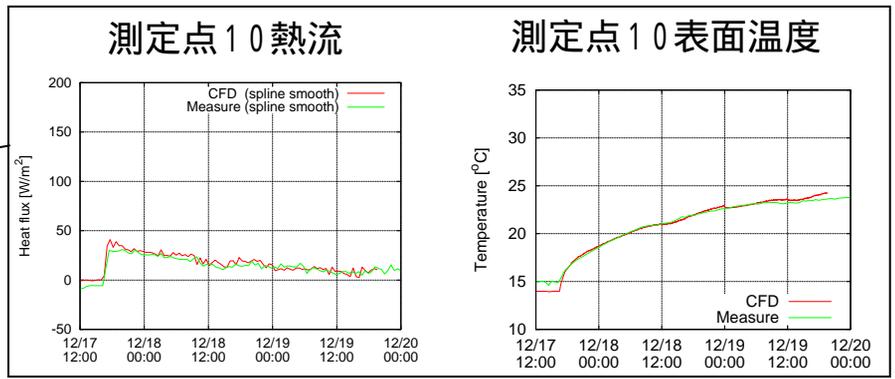
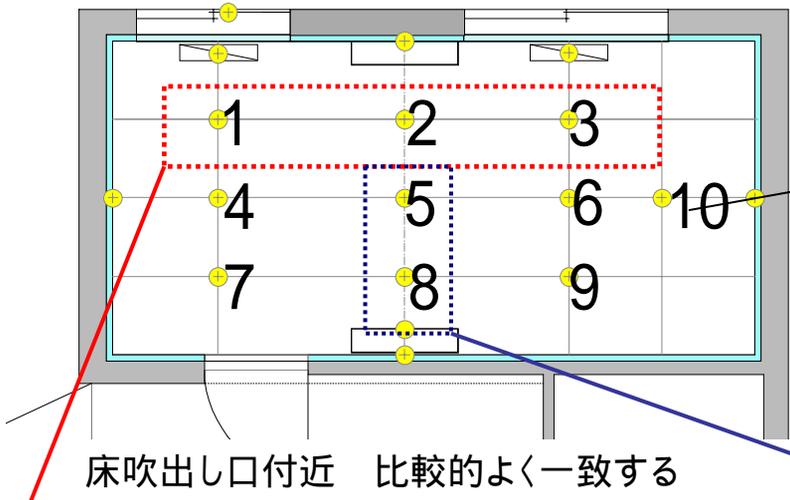
### 3-3-2 解析結果

結果1-実験再現

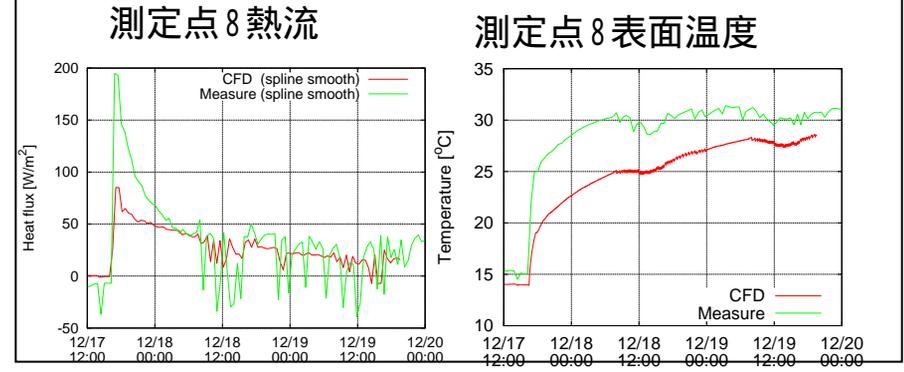
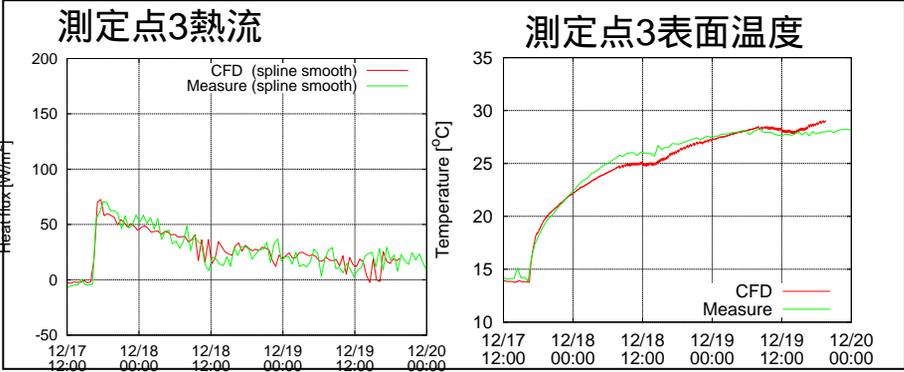
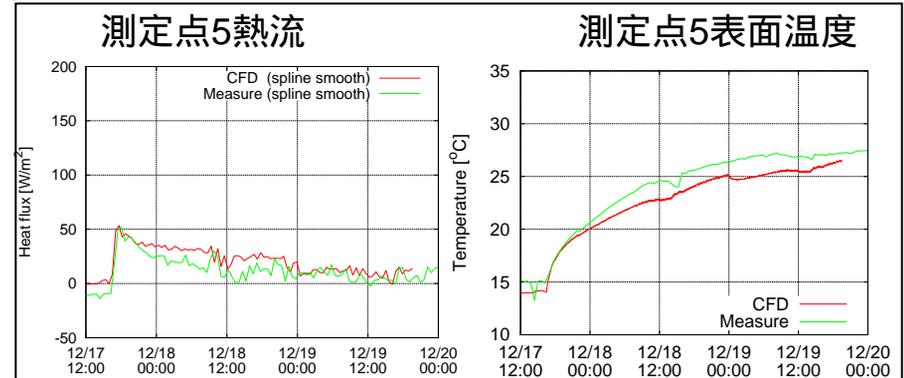
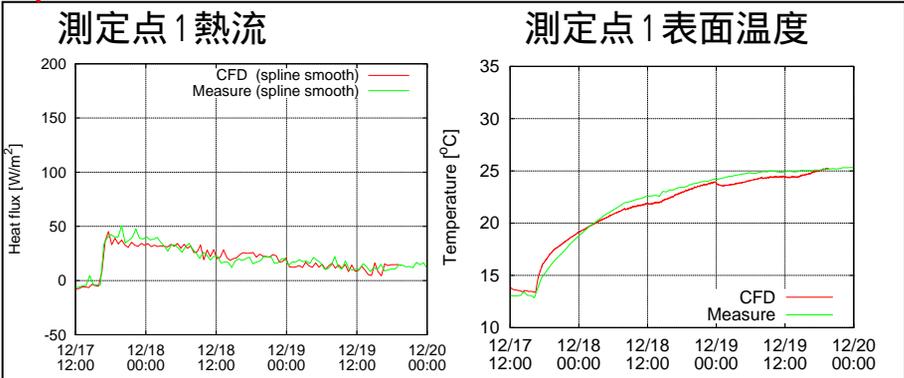
結果2-躯体内熱伝導解析結果

# 結果1-実験再現

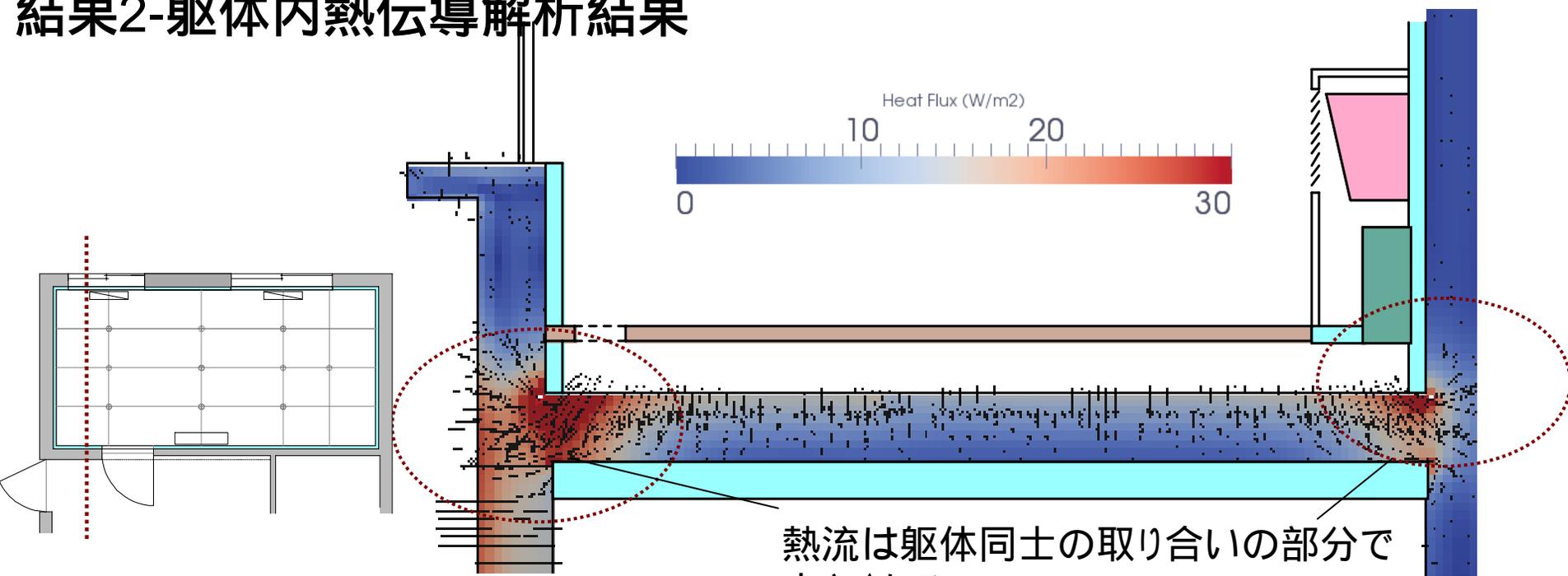
空調機から離れた場所 よく一致する



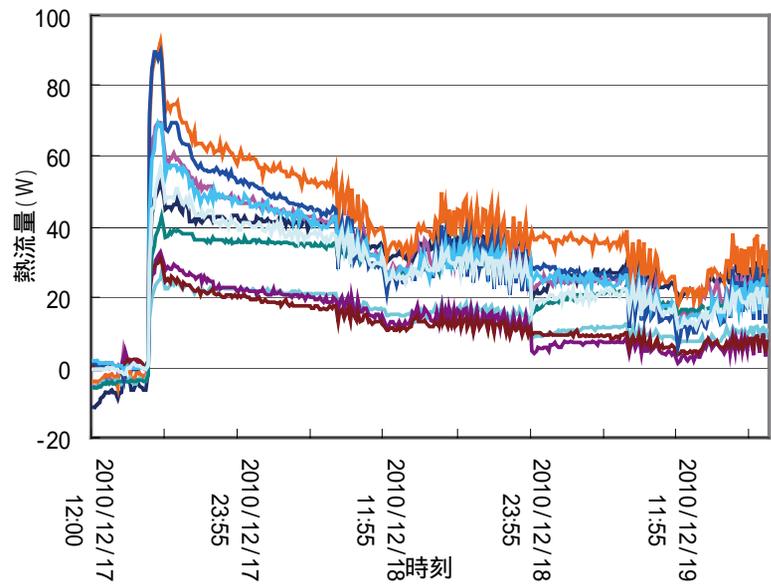
空調機正面 比較的狂いが大きい(とくに吹き出口直近)



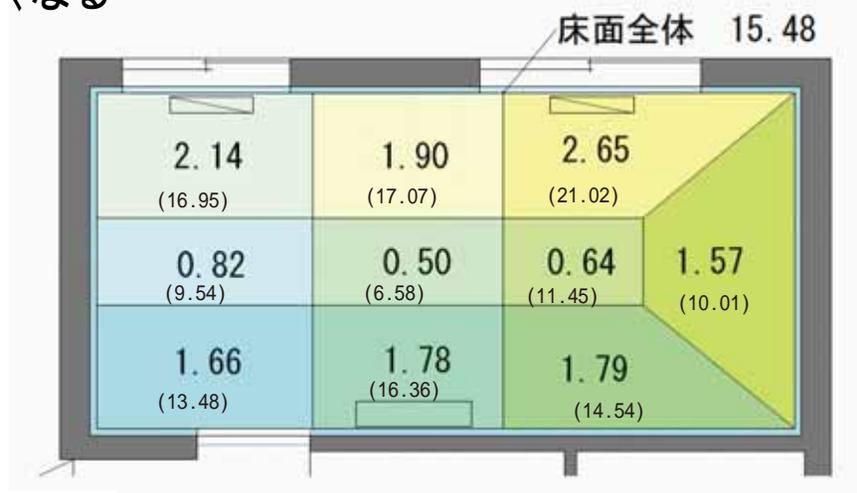
# 結果2-躯体内部熱伝導解析結果



熱流は躯体同士の取り合いの部分で大きくなる



- 分割面
- 分割面0



分割面ごとの床面熱負荷積算値(一日分・単位MJ)  
括弧内は平均熱流 W/m<sup>2</sup>)

## 4.まとめ

本研究から以下のような知見が得られた。

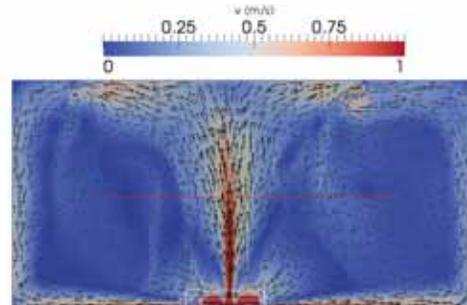
- 2)CFDシミュレーションを用いた風速・伝熱解析によって高い精度の温度・熱流予測が可能であり、実運用時の効果予測のツールとして利用できる。
- 3)床下チャンバーの熱損失のうち大きな割合を床面熱流が占め、とくに壁面との接続部位からの熱流量が大きいことから、床下チャンバー空調の設計においては熱橋のないようにすることが課題となる。

## ・現在の取り組み

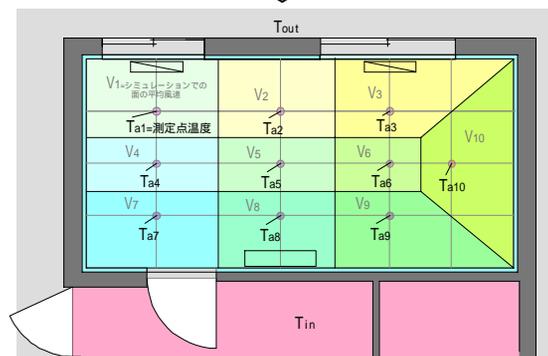
### ・床下チャンバー空調に関して

1) 伝熱計算における  
メッシュごとの風速入力

2) 躯体・気流伝熱連成計算



1) ↓ シミュレーション結果を直接メッシュに代入



## ・今後の目標

・シミュレーション業務として:

次世代スーパーコンピュータのための空調シミュレーション

