

放射状壁面噴流を用いた準置換換気を対象とした CFD 解析の精度検証

大阪市立大学工学部建築学科建築環境工学研究室 杉田 雄希

研究背景・研究目的

IJV 方式とは

ダクトから鉛直下向きに吹き出され、床面に沿って広がる噴流により室内下部から空調・換気を行う空調方式

研究目的

等温場における DV 方式・IJV 方式の室内温度分布の差異は十分に解明され、CFD 解析の精度検証も行われたが、非等温場における CFD 解析の精度検証には至っていない。本研究では、実験室実験により境界条件・真値を取得し、実験での気流分布および室内温度分布と CFD 解析結果を比較することで、CFD 解析の精度検証を行う。



IJV 利用例 (学校)

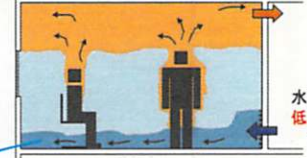
Displacement Ventilation System (DV 方式)

床面付近より低温・低速で冷風を給気
・混合換気に対して高い換気効率
・居住域を効率的に冷房

問題点

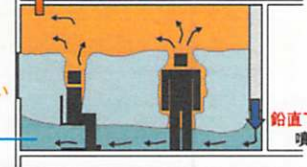
- ・発熱体付近で気流が上昇 → 水平方向に温度分布が生じる
- ・暖房には適用不可
- ・居住域で強い温度成層を形成 → 足元が冷えすぎる

DV 方式



水平方向に低温・低速で給気

IJV 方式



鉛直下向きに給気噴流を形成

Impinging Jet Ventilation System (IJV 方式)

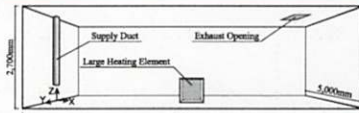
床面付近のダクトから鉛直下向きに給気

- ・発熱体付近で気流が上昇しない → 水平方向の温度分布を生じにくい
- ・暖房にも適用できる可能性あり
- ・冷房時、DV 方式より室内下部の空気が混合 → 足元が冷えすぎない

実験室実験概要

目的

実験室実験を行い、CFD 解析に必要な境界条件等および精度検証時の真値を取得する。



<実験条件>

Supply Air Volume	600 [CMH]
Supply Air Temperature	20 [deg.C]
Calorific Value	2 [kW]

実験風景



IJV ディフューザー

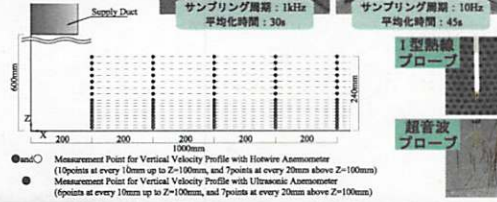


DV ディフューザー



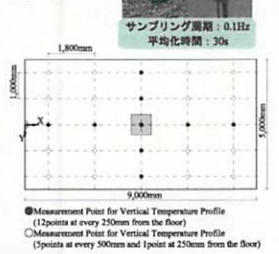
吹出口付近風速測定

吹出口付近の風速を熱線風速計および超音波風速計を用いて測定する。



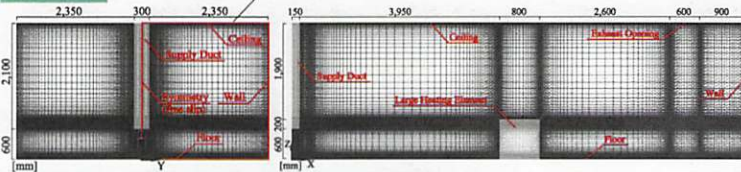
空間温度測定

実験室全体の空間温度を測定する。



CFD 解析概要

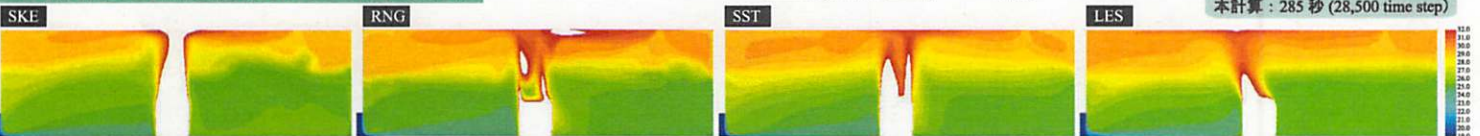
解析領域



解析条件

RANS (Reynolds Averaged Navier-Stokes Equation)		LES (Large Eddy Simulation)	
CFD code	Fluent 14.5	CFD code	Fluent 14.5
Turbulence Model	Standard k-ε Model (SKE) RNG k-ε Model (RNG) Shear-Stress Transport k-ω Model (SST)	Turbulence Model	Large Eddy Simulation (Smagorinsky-Lilly Model) Implicit Method (SIMPLE)
Algorithms	Implicit Method (SIMPLE)	Discretization Scheme for Advection Term	Central Differencing
Discretization Scheme for Advection Term	QUICK	Time Step	0.01s (100Hz)
Boundary Condition	Inlet: Velocity Magnitude: 4.716m/s Turbulent Intensity: 1~10% Turbulent Length Scale: L=21mm Velocity Magnitude: 0.463m/s Wall(X-Z): Adiabatic Boundary Other Walls: Temperature Boundary Symmetry: Free Slip Heating Element Surface: Heat Flux Boundary	Total Calculation Term	28,500 time step (285s)
Total Number of Cells	2,223,362	Boundary Condition	Inlet: Velocity Magnitude: 4.716m/s (Constant) Outlet: Velocity Magnitude: 0.463m/s (Constant) Walls: Wiener & Weng's near-power law Smagorinsky Coefficient: 0.1
		Total Number of Cells	2,423,104

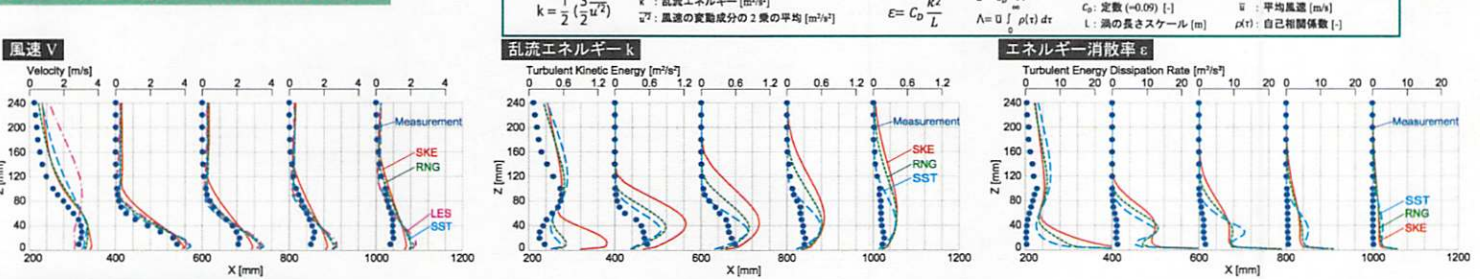
CFD 解析による空間温度分布 (Y=0: 中央断面)



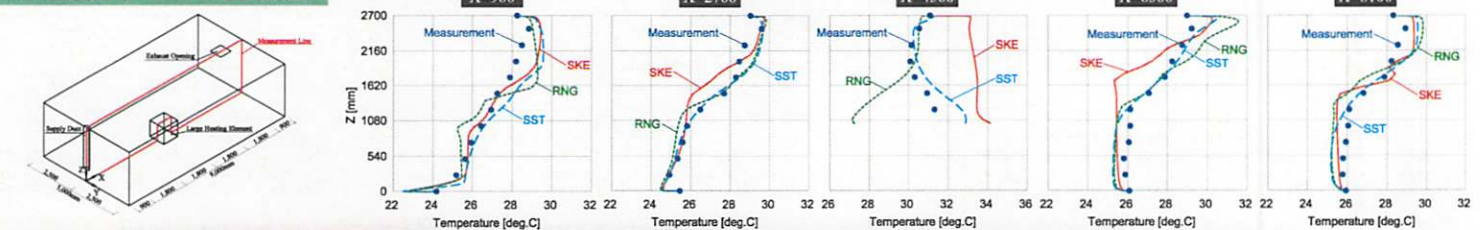
助走計算: 30 秒 (3,000 time step)
本計算: 285 秒 (28,500 time step)

実験値と解析値の比較と考察

吹出口付近風速分布 (Y=0: 中央断面)



空間温度分布 (Y=0: 中央断面)



まとめ・今後の課題

- 吹出口付近風速分布 床近傍の風速および乱流エネルギー・エネルギー消散率は全 RANS モデルが過大評価する傾向にあるが、全体的に見ると SST が実験値と比較的一致している。
- 空間温度分布 SST が発熱体上部の温度分布を再現できており、全体的に実験値と一致している。
- 今後の課題
 - ・ LES 本計算の継続
 - ・ 吹出風量・温度の変更、複数の吹出口の設置等による室内気流・温度分布のケーススタディ
 - ・ ケーススタディに基づく鉛直温度分布の簡易予測モデルの提案