

BA4 放射モデルを組み込んだCFDモデルによる放射空調使用時の室内の 温熱環境と居住者の快適性の推定

Evaluation of indoor thermal environment and the degree of comfort of radiant cooling system using radiation-coupled CFD

共生環境評価領域

08E14001 青野真和 (Masakazu AONO)

Abstract: Radiant cooling ceiling systems have been proven to potentially provide an improved thermal comfort environment. In this paper, two different CFD simulations were conducted: one had a radiant cooling system and the other didn't have it. The CFD simulation with the radiant cooling system was generally consistent with existing experimental data. The indoor thermal environments were evaluated from the viewpoints of both thermal comfort and energy consumption by comparing the two CFD simulations. The results showed that the radiant cooling system lowered Mean Radiant Temperature (MRT) and possibly reduced energy consumption to keep air temperature.

Keywords: Radiant cooling, CFD simulation, Thermal environment, MRT

1. はじめに

放射空調とは放射伝熱を利用して冷房を行う空調システムである。放射空調の利点は、室内の鉛直温度勾配が小さいこと、対流空調でみられる吹出し風が直接当たることで発生する熱的不快感が発生しないこと、室内の放射温度を低下させることができるためそれほど気温を下げなくても快適性を確保できること、があげられる⁽¹⁾⁻⁽³⁾。本研究では、放射空調の使用時と非使用時における室内温熱環境を比較することで、快適性とエネルギー消費の2つの観点から放射空調の効果を定量的に評価する。

2. モデルの検証

本研究では Catalina et al.⁽²⁾による測定実験を参考にモデルを作成した。モデルの形状を図1に示す。室内の大きさは 3.1m×3.1m×2.4m で外側を壁に覆われている。モデルの室内に熱負荷はないが、壁面を通じた貫流熱が存在する。壁の厚みや物性値は文献の値を用いた。室内の総メッシュ数は 120000 である。壁面（固体）と室内空気（流体）を連成し、流体については圧縮性定常流れ、層流を仮定し、壁面については放射熱伝達を考慮した。得られた結果から、各壁面の表面温度と、室内空気の鉛直方向の温度分布、速度分布を実験値と比較した。鉛直温度分布の比較を図2に示す。CFDでは、放射伝熱に対して床面内の熱伝導を過大評価、室内の不安定な流れの影響により、室温を過小評価している可能性があるが、壁面の表面温度はほぼ一致しており、全体として文献の実験・計算結果の傾向をとらえることができた。

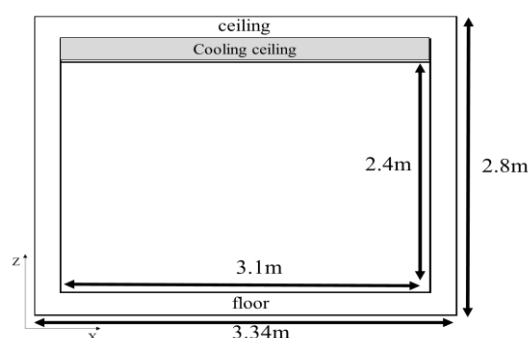


図1 形状モデルの概要

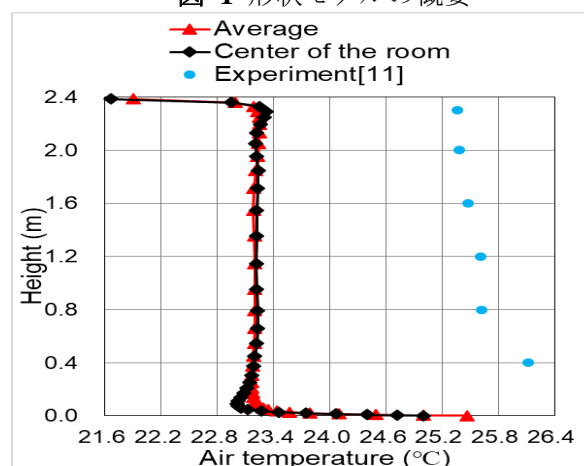


図2 測定値との比較（鉛直分布）

3. 放射空調使用時と非使用時の比較

2. で述べたモデルを一部変更し、**図 3** に示す二つの吹き出し口 (inlet) と吸い込み口 (outlet) を組み込んだ。そのモデルの天井パネル温度、吹き出し空気温度を変化させ、放射空調使用時 (radiant) と非使用時 (no-radiant) の比較を行った。**表 1** はその計算条件を示している。

シミュレーションの結果、室内の平均気温は放射空調使用時に 20.8°C、非使用時に 21.0°C であり大きな差はなかった。**図 4** に示す鉛直方向の温度分布にも大きな差はなく、どちらも鉛直方向の平均温度の差はどちらもほとんどなかった。一方、**表 2** に示すように壁の表面温度には差が生じたため、平均放射温度 (MRT) は放射空調使用時には約 6°C 低くなった。これにより 2 つの結果の室温はほぼ同じであるが、放射空調使用時には居住者はより涼しく感じることができる。またその時の冷房による除去熱量を比較したところ、放射空調使用時は 427.2 W、非使用時は 619.0 W であり放射空調使用時のほうが小さかった。

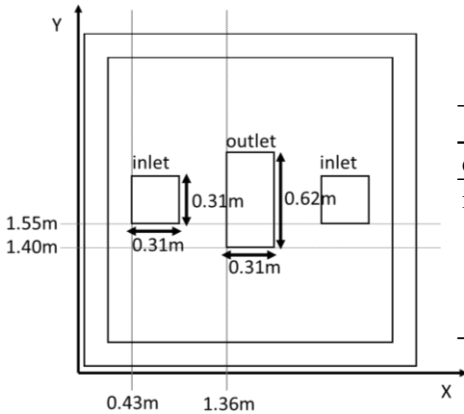


図 3 inlet、outlet の位置

表 1 計算条件

	radiant no-radiant	
ceiling T (°C)	17.6	-
inlet T (°C)	20.0	18.0
U _x (m/s)	0.5	0.5
U _y (m/s)	0	0
U _z (m/s)	0.5	0.5

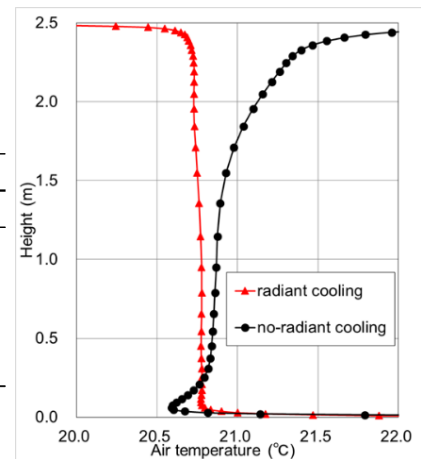


図 4 鉛直温度分布の比較

表 2 壁面平均温度と MRT

	area (m ²)	surface temperature (°C)	
		radiant	no-radiant
floor	9.61	23.6	27.4
northwall	7.75	23.6	28.6
southwall	7.75	23.6	28.5
eastwall	7.75	23.6	28.4
westwall	7.75	23.6	28.5
ceiling	9.23	17.7	27.9
MRT		22.5°C	28.2°C

4. 結論

本研究の結論を、以下にまとめる。

- 放射空調システムは、従来の対流式空調と異なり放射温度を下げる効果がある。
- 対流空調に加えて放射空調を使用することで、より効率的に快適な室内温熱環境が得られる場合がある。

参考文献

- 1) Feustel HE, Stetiu C: Hydronic radiant cooling-preliminary assessment, Energy and Buildings, Vol 22, No 3, pp.193-205, 1995
- 2) Catalina T, Virgone J, Kuznik F: Evaluation of thermal comfort using combined CFD and experimentation study in a test room equipped with a cooling ceiling, Building and Environment, Vol 44, No 8, pp.1740-1750, 2009
- 3) Chiang W-H, Wang C-Y, Huang J-S: Evaluation of cooling ceiling and mechanical ventilation systems on thermal comfort using CFD study in an office for subtropical region, Building and Environment, Vol 48, pp.113-127, 2012