

BF1 CFD シミュレーションを用いた開放型循環方式の放射冷房における放射パネル配置の評価

Impact evaluation of radiant panel layout on indoor thermal environment with open-type installation of CRCP systems by using CFD simulation

共生環境評価領域

08E16057 西本啓祐 (Keisuke NISHIMOTO)

Abstract: Cooling radiant ceiling panel (CRCP) systems have been proven to potentially provide an improved thermal comfort environment. In this study, three types of radiant panel layout for open-type installation of CRCP systems were compared from the view point of cooling capacity and thermal uniformity by computational fluid dynamics (CFD) simulations. Slit panel layout gave the highest cooling capacity, and multi panel layout has the most uniform temperature distribution. However, effect of improvement of temperature distribution is much smaller than that of cooling capacity. Thus, in most case, slit panel layout is optimal for CRCP systems.

Keywords: Cooling radiant ceiling panel, Open-type installation, CFD simulation, Thermal environment

1. はじめに

放射冷房とは、室内に設置した放射パネルからの放射伝熱を利用して空調を行う冷房システムである。放射冷房の利点として、エアコンからの吹出し風が直接体に当たることで発生する熱的不快感が生じないこと、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などあげられる⁽¹⁾。中でも、通常では天井に直接設置される天井放射冷却パネルを、天井と隙間を開けて設置する「開放型循環方式」の放射冷房が、従来の放射冷房と比較しても高い冷却能力を持つことが確認されている⁽²⁾。

本研究では、開放型循環方式の放射冷房において、放射パネルの配置を変更することで放射パネルの冷却能力と室内の温度均一性がどのように変化するのか解析、評価することを目的とする。

2. 計算条件

本研究は、**図 1** に示す形状モデルに対して、**図 2** の 3 種類のパネル配置をそれぞれ実装し、CFD (Computational Fluid Dynamics) シミュレーションを行った。CFD ソフトウェアには OpenFOAM ver-4.1 を用い、Gebhart の吸収係数を用いた放射モデルを加える形で放射を組み込んだ。これにより面の幾何学的位置関係、放射率、吸収率、反射率、面で

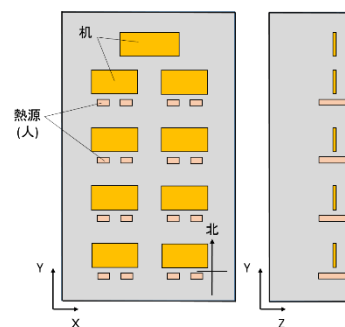


図 1 形状モデルの概要で、外側を壁に覆われている。壁面境界温度は、固定された外部温度との一次元熱伝導方程式によって決まる壁面温度に寄与する対流熱伝達、放射を考慮して熱収支を解き、算出される。また、放射パネルは天井から 30cm 離して設置しており、いずれのパネル型もパネル面積の合計が 24m² になるよう調整した。パネル表面の温度は 18°C で、室内には人を模した発熱源と机を模した障害物を設置した。また、室外からの貫流熱を表現するため、壁面の外側温度を南側は 35°C、東西は 30°C、北側は 25°C とし、壁面内の熱伝導を解いて室内側表面温度を求めた。室内の総メッシュ数は約 140 万で、放射を考慮した非圧縮定常計算を行った。

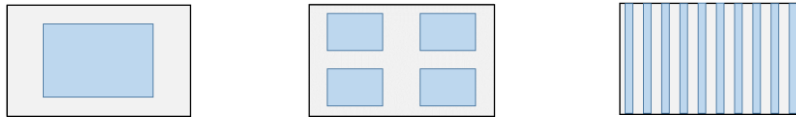


図 2 単一パネル型 (左)、マルチパネル型 (中央)、スリットパネル型 (右)の形状モデル

3. パネル配置の評価

計算結果として、室内の平均温度を図 3 に示す。グラフの誤差棒は標準偏差を表す。また、 $X=3.0\text{m}$ の断面における温度分布を図 4 に、空気の流れを表したものを図 5 に示す。まず平均温度について、スリットパネル型が単一パネル型より 0.81°C 、マルチパネル型より 0.54°C 温度が低いことから、3 種類のパネル配置の中で最も冷却能力が高いのはスリットパネル型であることがわかる。

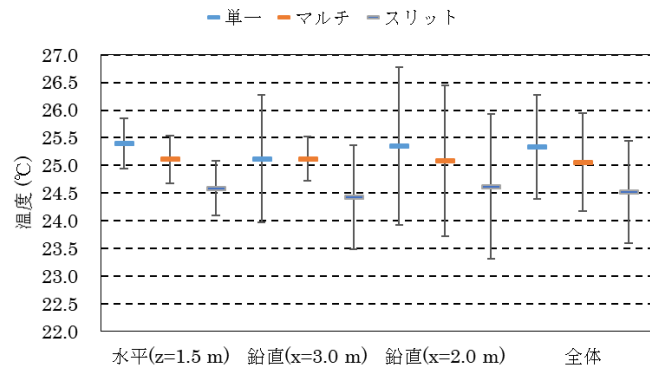


図 3 室内の平均温度

これは、スリットパネル型では、パネルの切れ目から天井付近で冷やされた空気が室内に降下することによる自然対流の寄与が他の二つのパネル型に比べて大きいからと考えられる。標準偏差はマルチパネル型のパネル配置が最も小さい値であることから、温度分布が最も均一になるのはマルチパネル型のパネル配置であることがわかる。しかし、最大で 0.06°C の差しか見られなかったため、温度分布の均一性にはほとんど差がないと言える。従って、パネル配置を変えることによる温度分布への影響は小さく、スリットパネル型を採用することで、温度分布の均一性をわずかに損なう代わりに、冷却能力を大きく改善できるという結果となった。



図 4 単一パネル型 (左)、マルチパネル型 (中央)、スリットパネル型 (右) の温度分布 ($x=3.0\text{m}$)

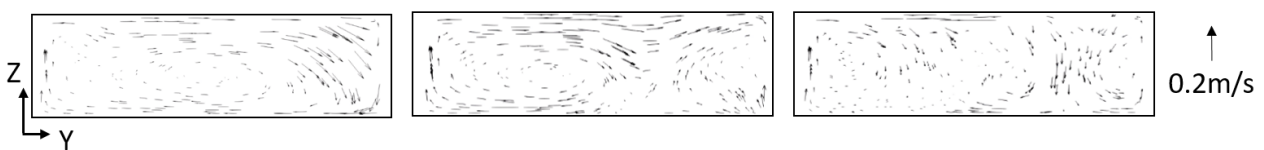


図 5 単一パネル型 (左)、マルチパネル型 (中央)、スリットパネル型 (右) の空気の流れ ($x=3.0\text{m}$)

4. 結論

本研究の結論を、以下にまとめる。

- スリットパネル型の開放型循環方式の放射冷房を使用することで、従来の放射冷房よりも冷却能力を高めることができる。
- 放射パネルの配置を変えても、部屋の温度分布の均一性への影響は限定的である。

参考文献

- 1) Catalina T, Virgone J, Kuznik F: *Building and Environment* 44(8), 1740-1750, 2009
- 2) Shin M S, Rhee K N, Park S H, Yeo M S, Kim K W: *Building and Environment* 148, 417-432, 2019