

BD3 放射を考慮する CFD モデルを用いた平均放射温度の空間分布が居住者の熱的快適性に与える影響の評価

Assessment of the impact of spatial distribution of mean radiant temperature on participants' thermal comfort by using a radiation-coupled CFD model

共生環境評価領域

08E17085 望月大地 (Daichi MOCHIZUKI)

Abstract: In order to evaluate the thermal comfort in a room, it is important to evaluate thermal environment such as air temperature, mean radiant temperature (MRT), wind velocity and relative humidity. Conventional methods, however, do not consider the distribution of MRT, but use a constant value calculated by the area-weighted mean surface temperature. In this study, indoor comfort was simulated by considering the spatial distribution of MRT using Computational Fluid Dynamics (CFD). As a result, it was found that the MRT distribution has large influence on the distribution of thermal comfort indices such as PMV (Predicted Mean vote).

Keywords: PMV, MRT, CFD, radiation panel

1. はじめに

室内の熱的快適性は PMV などの快適性指標を用いて評価されるが、PMV の分布を精度よく評価するためには温湿度、風速、放射温度 (MRT) の分布を正確に把握する必要がある。しかし従来の CFD シミュレーションでは、MRT の分布を壁面温度の面積加重平均を用いて簡易的に評価している¹⁾。

そこで本研究では、MRT 分布が熱的快適性の分布に与える影響を明らかにすることを目的とし、従来手法で算出した MRT (以下均一 MRT) を用いた場合と各格子の形態係数を用いて詳細に算出した MRT (以下セル MRT) を用いた場合について快適性指標分布を算出し、比較した。比較には放射モデルを組み込んだ CFD モデルを利用した。

また、放射空調システムを使用した場合、放射パネルの配置が MRT 分布に顕著な影響与えることが予想されるため、放射パネルの配置が MRT 分布や熱的快適性の分布に与える影響についても評価した。

2. 計算方法

本研究の CFD シミュレーションには OpenFOAM ver-4.0 を用い、放射計算には Gebhart の吸収係数放射モデルを用いた。これは面の幾何学的位置関係に加えて面の放射率、吸収率、反射率を考慮するモデルである。対象領域は放射パネルの設置された 6m×10m×2.9m の室内 (図 1) とした。また、図 2 に示す 3 種類のパネル配置 (south、center、north ケース) を検討した。壁面温度境界は外側壁面温度を固定することで与え、室内側壁面温度は壁内の一次元熱伝導方程式と室内表面での放射・対流熱伝達を考慮して熱収支を解き算出した。外側壁面温度は外壁に接する南面を 50°C、その他壁面を 26°C、放射パネルを 18°C とした。CFD シミュレーションで求めた温度、風速、MRT (均一 MRT とセル MRT) を用いて PMV を算出した。PMV の計算に用いる相対湿度、活動量、着衣量はそれぞれ 50%、1.1met、0.5clo とした。2 つの MRT 算出方法による比較を south ケースで行った後、south、center、north ケースを用いてパネル配置が MRT、PMV の分布に与える影響を評価した。

3. 結果と考察

図 3 に、south ケースの気温、風速、セル MRT を示す。均一 MRT は壁面平均温度を面積で重み付き平均して算出された 26.1°C を入力した。図 4 にそれぞれの MRT 算出方法で算出した PMV を示す。PMV の均一 MRT ケースではセル MRT ケースとは異なり、パネルや南面近傍の勾配を表現できておらず PMV

の正確な分布を表現するにはセル MRT を用いる必要があることが示唆された。

図 5 に図 4 の PMV を算出する際に利用した center、north ケースのセル MRT を示す。放射パネルの配置により室内 MRT 分布が異なること、今回の計算条件では MRT 分布が PMV に支配的な影響を与えていることが示された。なお、ケース間で気温と風速の分布に大きな差はなかった。

パネル配置と MRT、PMV 分布の関係をみると、高温な南側壁面とパネルの距離が近づくほど南側壁面近傍の MRT の高温域が縮小し、快適域 ($-0.5 < PMV < 0.5$) が増加している。これは放射パネルが高温壁面近傍の大きな MRT を緩和することで快適なエリアの拡大に繋がったためだと考えられる。すなわち、放射パネル配置の工夫により MRT 分布を調整し、快適域を拡大できることが示唆された。

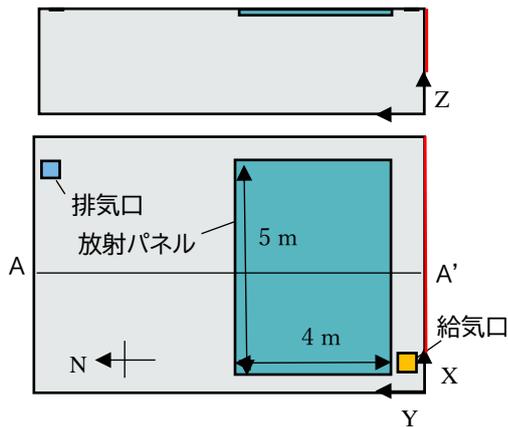


図 1 形状モデル

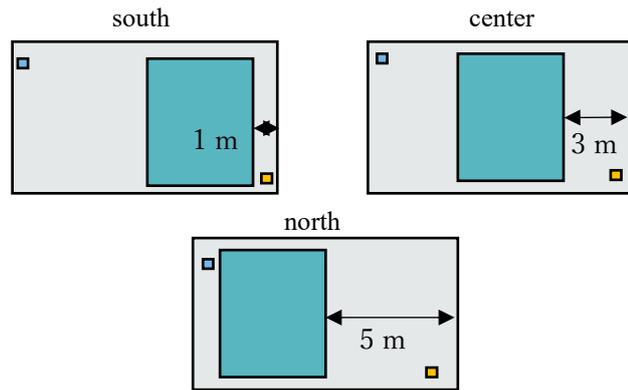


図 2 パネル位置による比較ケース

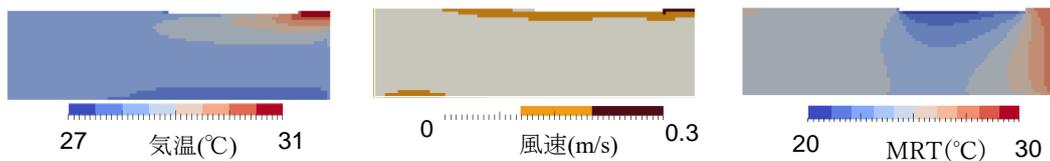


図 3 south ケースの気温・風速・MRT 分布 (図 1 の A-A'断面)

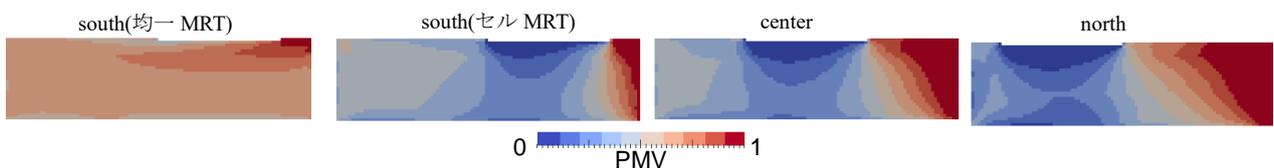


図 4 各ケースの PMV 分布 (図 1 の A-A'断面)

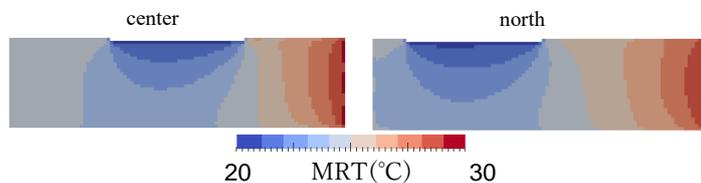


図 5 center ケース、north ケースの MRT 分布 (図 1 の A-A'断面)

4. 結論

本研究の結論を、以下にまとめる。

- 各格子の形態係数を用いて MRT 分布を正確に求めることで、PMV 分布をより正確に評価できた。
- パネル位置を高温壁面に近づけると壁面の MRT が減少し、PMV が冷涼側に遷移した

参考文献

- 1) 今野雅, 桑沢保夫, 赤嶺嘉彦: 暖房方式による室内気流分布を考慮した暖房負荷補正方法に関する検討 その 1 ルームエアコンディショナー及びセントラル空調による室内温熱環境の CFD 解析, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, D-25, 2017