

# M12 放射モデルの精度評価および壁面放射率が居住者の熱的快適性に与える影響の解析

Validation of Radiation Model and Numerical Analysis of the Effect of Wall Emissivity on Thermal Comfort of Occupants

指導教員 近藤明教授・共生環境評価領域  
28H22071 山尾佳菜子 (Kanako YAMAO)

**Abstract:** The most of conventional methods to calculate mean radiant temperature (MRT) do not take into account detailed radiation processes. This study used a computational fluid dynamics (CFD) model considering the radiation processes. The model well simulated temperature differences measured in chamber experiments under different wall emissivity conditions. In addition, the model was used to simulate thermal comfort in a living space under different wall emissivity conditions. The results revealed that an increase in the proportion of walls with low emissivity led to changes in heat flux and wall temperature, leading to a decrease in MRT. When using radiant cooling, it was also found that Predicted Mean Vote (PMV) was influenced by MRT and decreased.

**Keywords:** PMV, MRT, CFD, Radiation panel, Thermal comfort

## 1. はじめに

室内の熱的快適性は気温、相対湿度風速、放射温度 (MRT)、着衣量、代謝量の 6 要素すべてを考慮して評価する必要があり、PMV (Predicted Mean Vote) などの指標が用いられる。従来の多くの放射計算では壁面で生じる多重反射等を考慮していない。そのため、放射空調使用時など、室内の壁面温度に大きな分布がある場合に、放射温度、ひいては室内の熱的快適性を正しく評価できていない可能性がある。

そこで本研究では、反射率を考慮する Gebhart の分配係数放射モデル[1]を用いた CFD 解析と測定実験を比較することでモデルの精度評価を行うとともに、居住空間を模擬した室内で側壁面の放射率の変化が熱的快適性に与える影響の解析を行う。

## 2. CFD モデルの検証

本研究の CFD シミュレーションには OpenFOAM-4.1 を用い、放射計算には Gebhart の分配係数放射モデルを用いた。測定実験の結果と CFD モデルによる再現計算の結果を比較して検証を行った。実験で使用した対象領域 1 辺 2m の立方体であり、放射パネルの位置を図 1 に示す。放射パネルを放射率 0.9 とし、他の壁面放射率をすべて 0.94 とした基本ケースと、西側の側面のみを放射率 0.08 とした反射ケースの 2 種類を設定した。図 2 に気温と壁面表面温度の高さ毎に平均をとり反射ケースと基本ケースの差分をとったものの測定値と計算値の比較を示す。気温も壁面表面温度も差は 0.5°C 以内になり計算値は測定値を良好に再現した。

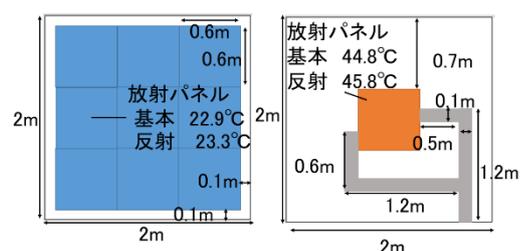


図 1 平面図(左：天井、右：床)  
(青：冷熱放射パネル、橙：熱源放射パネル)

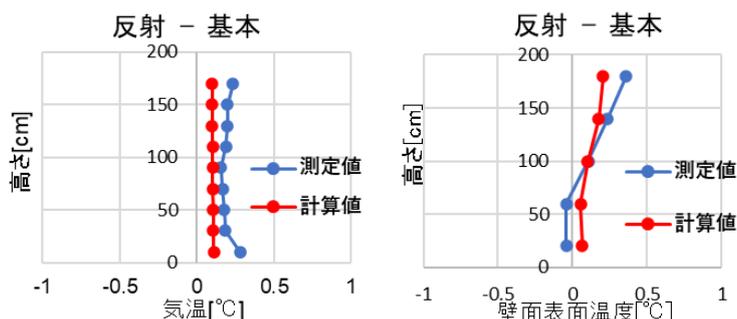


図 2 高さ毎平均温度 (左：気温、右：壁面温度)

### 3. 居住空間における CFD シミュレーション

会議室を模擬して作成した対象領域の形状モデルを図 3 に示す。湿度 50%、着衣量 0.6clo、代謝量 1.0met を仮定して PMV を算出した。壁面の放射率をすべて 0.94 とした基本ケース、西側の壁面のみ放射率 0.08 とした反射ケース、側壁面すべてを放射率 0.08 とした全反射ケースを設定した。境界条件は表 1 に示す。Y=0.7 における気温分布を図 4 に、MRT 分布図を図 5 に、PMV 分布図を図 6 に示す。まず、3 ケースとも各ケースの平均気温は基本ケースが 30.5°C、反射ケースが 30.5°C、全反射ケースが 30.6°C となりケース間で大きな差はみられなかった。MRT は低い順に全反射ケース、反射ケース、基本ケースとなり 1°C 程差が生じ、放射率の壁面が多いケースほど MRT が低くなった。さらに、PMV も低い順に全反射ケース、反射ケース、基本ケースとなり 0.2 程差が出た。よって、本条件では PMV は気温の影響も受けるが MRT の影響を強く受けるという結果になった。よって、壁面の放射率を低くすると、放射冷房使用時は、室内空間において、PMV は MRT の影響を強く受け、MRT、PMV ともに低くなることが確認できた。よって、温熱環境、熱的快適性の評価における、放射率を考慮したシミュレーションの重要性が示された。

表 1 境界条件

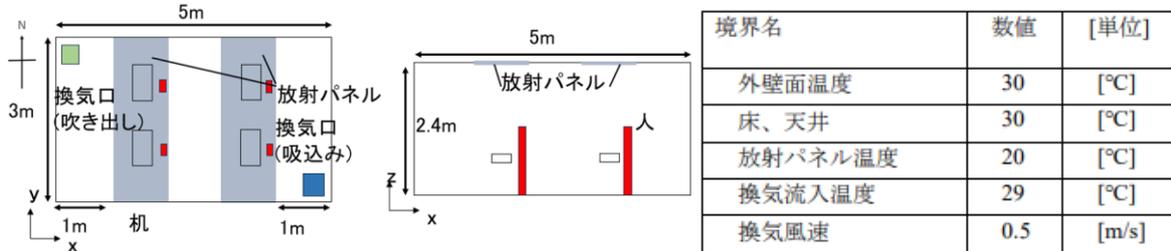


図 3 形状モデル (左: 平面図、右: 立面図)

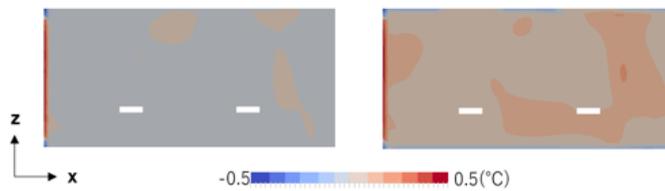


図 4 気温分布



図 5 MRT 分布 (Y=0.7m)

図 6 PMV 分布図 (Y=0.7m 断面)

### 4. 結論

本研究の結論を、以下にまとめる。

- CFD シミュレーションにより、測定実験の壁面放射率の変化に伴う気温と壁面温度の変化と同様の傾向を再現することができた。
- 放射空調使用の際に、壁面放射率が低い壁面を多くすると MRT が低くなり、PMV も低くなることがわかった。
- 室内温熱環境の熱的快適性の評価の際に放射率を考慮することの重要性が示された。

### 参考文献

- 1) Gebhart, B. Heat Transfer, 2nd edition, McGraw-Hill Book Company, New York, USA, 1971