

MF2 放射率の変化が室内の温熱快適性に及ぼす影響の CFD 解析

CFD Analysis of the Effect of Emissivity Change on Indoor Thermal Comfort

指導教員 近藤明教授・共生環境評価領域

28H20063 西本啓祐 (Keisuke Nishimoto)

Abstract: Not only air temperature and humidity, but also radiant temperature affects indoor thermal comfort. Therefore, radiant heat transfer should be considered in computational fluid dynamic (CFD) simulation. In this research, thermal environment in a room equipped with cooling radiant ceiling panel (CRCP) system was estimated by radiation-coupled CFD. In order to introduce radiant heat transfer into CFD, the distribution factor was used. Two calculation cases with different emissivity were evaluated using temperature, mean radiant temperature (MRT), and the predicted mean vote (PMV). Case of this paper, these values increased in the case of emissivity of 0.9 compared to the case of emissivity of 1.0. Therefore, it is important to properly consider the effect of emissivity when evaluating thermal comfort by CFD simulation.

Keywords: radiation panel, CFD, emissivity, MRT, Thermal comfort

1. はじめに

室内の熱的快適性は PMV や SET* といった快適性指標を用いて評価されるが、PMV、SET* の分布を評価するためには温度や風速、MRT (放射温度) の分布を用いる必要がある。しかし、CFD を用いて室内の温熱環境、快適性を評価する研究の多くは、気温、気流に注目したものが多く、MRT の分布の影響を考慮した快適性指標を算出するものは多くない。さらに、MRT の分布において、放射率や壁面での反射を考慮した研究はほとんど行われていない¹⁾。

そこで本研究では、放射率を考慮した放射モデルを組み込んだ CFD モデルを用いて、MRT の分布を考慮した快適性指標分布を算出し、室内の温熱快適性を可視化した。その結果から、放射率が熱的快適性に与える影響を評価することを目的とした。

2. 計算方法

本研究は、**図 1** に示す形状モデルに対して 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、反射率を考慮して放射計算を行った。室内の大きさは 6m×10m×2.9m とした。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。室内の境界条件と物性値を**表 1**、**表 2** に示す。室内の総メッシュ数は 99.1000 で、放射を考慮して定常計算を行った。また、人を模した直方体は、各面から 39.5W/m² の発熱が発生するよう設定した。放射率による温熱快適性への影響を評価するために、放射率 1.0 ケースと放射率 0.9 ケースの 2 種類の計算ケースを設定した。放射率 1.0 ケースでは、室内の全物質の放射率を全て 1.0 とした。一方、放射率 0.9 ケースでは、放射率 1.0 ケースから、壁面の放射率のみ 0.9 に変更した。また、PMV の計算に用いる相対湿度、活動量、着衣量はそれぞれ 50%、1.0met、0.5clo とした。

3. 結果と考察

CFD シミュレーションの結果について、Z=1.5m 断面における気温、MRT、PMV の分布を**図 2~4**、**表**

3に示す。図2～図4を比較すると、気温は換気の吹出し口の影響を受けて右下部が局所的に高温になっているが、他の領域では南北方向に均一な温度分布が形成されている。MRTは壁面温度の影響から南北方向に勾配ができていることが確認できる。一方PMVでは、室内右下部における換気の吹出し口の影響に加え、MRTの影響を受けて南北方向に勾配ができていることから、熱的快適性はMRTの分布による影響も大きく受けることがわかる。また、表3から、両ケースの平均気温、平均MRT、平均PMVの値を比較すると、いずれの値も放射率0.9ケースの方が高くなるという結果となった。これは、放射率が低くなることで、壁面から放射パネルへの熱放射が抑制されて壁面温度が低くなり、気温やMRT、PMVにも影響を与えたためである。従って、放射率は室内温熱環境や熱的快適性に影響を及ぼすことが確認できた。

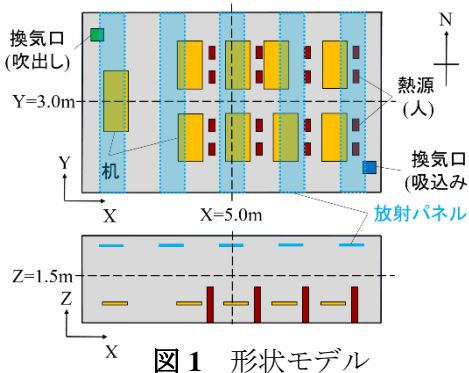


図1 形状モデル

表1 境界条件

境界名	数値	[単位]
東、西側壁面	26	[°C]
南側壁面	50	[°C]
北側壁面	30	[°C]
床、天井	26	[°C]
放射パネル温度	18	[°C]
換気流入温度	29	[°C]
換気風速	0.08	[m/s]

表2 物性値

境界名	厚さ[mm]	熱伝導率[W/mK]
東側壁面	111	0.06
西側壁面	121	0.04
南側壁面	219	0.17
北側壁面	181	0.01
床、天井	200	1.4
放射パネル	10	236

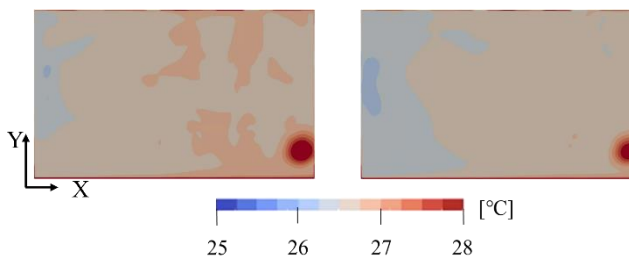


図2 気温 (左:放射率0.9、右:放射率1.0)

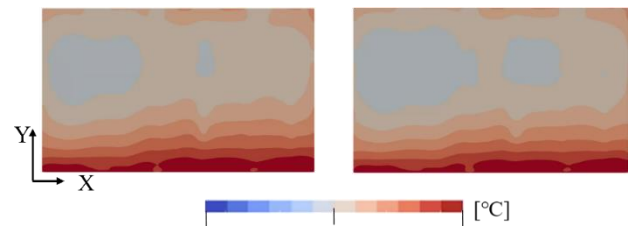


図3 MRT (左:放射率0.9、右:放射率1.0)

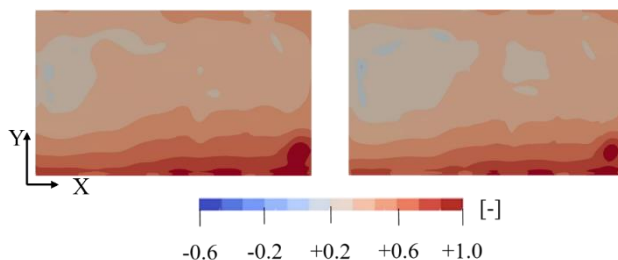


図4 PMV (左:放射率0.9、右:放射率1.0)

表3 壁面温度、気温、MRT、PMVの平均値

壁面	放射率0.9[単位]	放射率1.0[単位]
東壁	26.5[°C]	26.5[°C]
西壁	26.3[°C]	26.3[°C]
南壁	33.7[°C]	33.1[°C]
北壁	28.2[°C]	28.0[°C]
気温	26.6[°C]	26.4[°C]
MRT	26.5[°C]	26.3[°C]
PMV	0.44[-]	0.39[-]

4. 結論

本研究の結論を、以下にまとめる。

- 熱的快適性はMRTの分布による影響を受けるため、MRTの分布を考慮することで、快適性評価の精度向上が可能である。
- 放射率は室内温熱環境や熱的快適性に影響を与えるため、放射率を考慮してCFDシミュレーションを実施することが重要である。

参考文献

- 1) Rhee K, Kim K : A 50 year review of basic and applied research in radiant heating and cooling systems for the built environment, Building and Environment, Vol 91, pp.166-190, 2015