

## 気流数値解析と人体熱モデルによる温熱環境評価

Thermal Environment Evaluation Using Computational  
Fluid Dynamics and Human Thermal Model

加藤 正宏 弓野 沙織

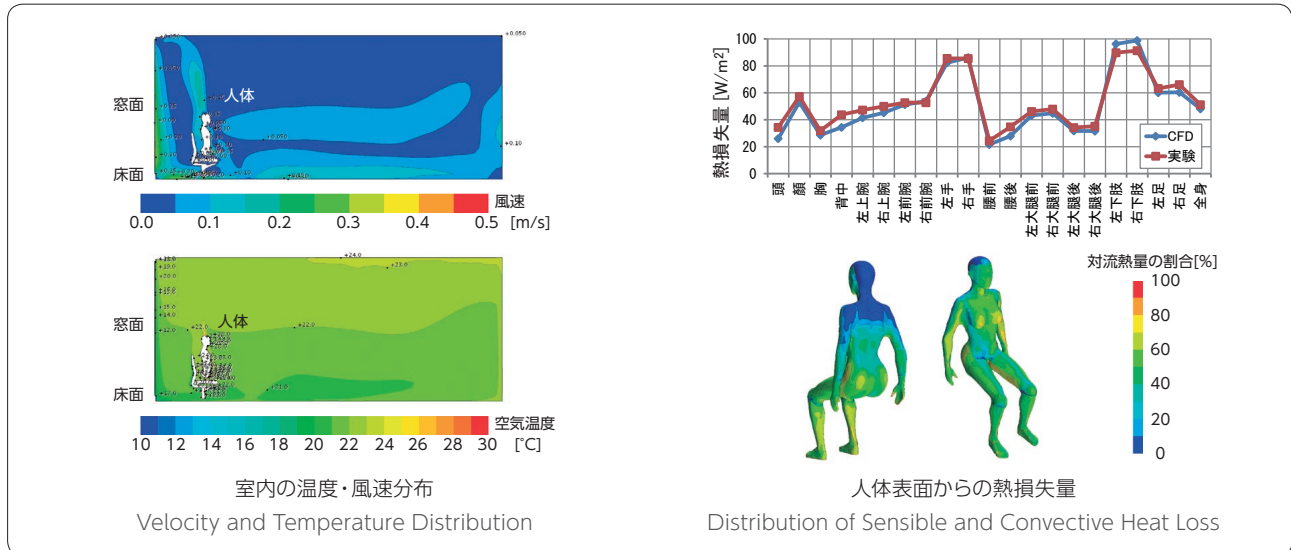
Masahiro Katoh and Saori Yumino

## 数値シミュレーションの背景と目的

快適な室内温熱環境を実現することは居住者の空間に対する満足度を向上させるとともに知的生産性・ウェルネスの観点からも重要であり、設計段階において建築・設備仕様を決定する際のエビデンスとしてシミュレーションを行うことが求められることが多い。居住者の周囲の温度や気流、室内周壁からの熱放射を詳細に予測し、人体への影響を評価するために、当社では気流数値計算 (CFD: Computational Fluid Dynamics) と放射計算を連成した計算に人体形状・熱モデルを組み込み温熱環境の評価を行う手法を用いている。これにより、例えばパーソナル空調や放射空調、窓回りの暖房設備機器などを使用した場合の室内の詳細な風速・温度分布を算出し、人体からの放熱量に与える影響を評価可能である。また、実際の人体からの発熱を模擬したサーマルマネキン<sup>1)</sup>を使用した実験結果などからシミュレーションの妥当性の検証を行っている。

## 解析例

外気温度2°Cで冷却された窓の近くに人体が着席した場合の、室内の風速・空気温度分布を左図に示す。室温22°Cに対し室下部の最大風速は0.3m/s、最低温度は20°Cと予測され、窓面で発生した下降気流 (コールドドラフト) の影響が表れている。右図に示す人体からの熱損失量は、全身で計算値が48W/m<sup>2</sup>、実測値が51W/m<sup>2</sup>となり、部位別の傾向も実験値と一致している。熱損失量 (放射+対流) のうち対流成分の割合は、頭部で小さく、下肢で割合が大きくなっている。頭部は低温の窓面からの放射による冷却の影響が大きく、下肢はコールドドラフトによる低温と気流速度の影響を受けていることが示されている。



## 解析手法

CFDには商用の気流計算ソフトウェアStar-CCM+を使用し、乱流モデルには低Re型k-εモデルを用いている。室全体の総メッシュ数は5,870,522とした。室内表面温度・着衣量は測定値より設定した。人体形状は数値解析用Virtual Manikinのグリッドライブラリ (Seated, Female)<sup>2)</sup>をもとに作成、サーマルマネキン (表面積: 1.48m<sup>2</sup>) と各部位の面積比率が同じになるよう人体表面 (表面積: 1.3m<sup>2</sup>) を20分割した。人体表面の熱境界条件はサーマルマネキンのComfort制御に基づき皮膚表面温度と熱損失量の関係を与えた<sup>1)</sup>。

## 参考文献

- 1) 田辺, 長谷部: 皮膚温度可変型サーマルマネキンによる室内環境評価法に関する研究, 日本建築学会計画系論文報告集, 448(0), 1993, pp.1-8.
- 2) 伊藤, 堀田: 数値解析用Virtual Manikinの開発とグリッドライブラリ作成, 空気調和・衛生学会論文集, No.113, 2006, pp.27-34.