



ふく射冷房パネルの流動可視化 ～人や環境にやさしい冷房設備の設計支援～

研究・開発機関 : 福岡県工業技術センター、株式会社エース・ウォーター
 利用施設 : 福岡県工業技術センター保有 PC (Xeon W-2255 10Core)
 計算規模 : 要素数 210万、計算時間1ケース1時間
 利用ソフトウェア : scFLOW

Before

- 従来のふく射冷房パネルは熱交換性能について十分な検討がなされているとはいえず、現状にあり、CAEを活用した形状探索のニーズがありました。
- 実験による流速測定は熱線流速計などを用いた、単一点における局所値しか計測できていませんでした。

After

- CAEによる数値解析を活用して開発したふく射冷房パネルが、従来品よりも熱交換性能が向上していることを確認できました。
- 数値解析とPIVによる実験でのふく射冷房パネル周りの流動現象を可視化・比較することで、数値解析の妥当性を確認できるようになりました。

背景と目的

体育館など大型施設向けに、ふく射冷房パネル(図1)の設置が進んでいます。通常のエアコンは、ファンによって強制的な対流を起こし、温度を調整する方式です。一方、ふく射冷房パネルは、ファンを使わず、ふく射と自然対流で温調する方式です。そのため、ふく射冷房パネルには、ホコリ、ウイルスなどの飛散が生じにくく、バドミントンなどの風が問題になる競技に影響を与えないなどのメリットがあります。

本研究では、従来のふく射冷房パネルからさらに熱交換性能を向上させるために、CAEを活用して設計支援を実施しました。また、数値解析結果の妥当性を確認するために、機械装置の周囲に形成される流れ場を、レーザー光源及びカメラを用いた粒子画像流速測定(PIV: Particle Image Velocimetry)により可視化するシステムを用いて、パネル周りに形成される流れを実験的に測定し、CAEを用いた数値解析結果と比較評価しました。



図1 ふく射冷房パネル

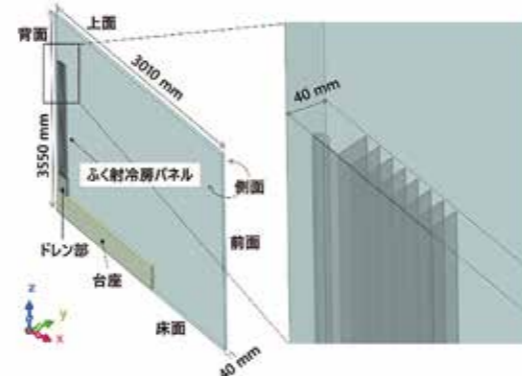


図2 ふく射冷房パネルの解析モデル

■ 利用成果

ふく射冷房パネルの解析と可視化実験による検証

解析モデルと解析範囲を図2に示します。ふく射冷房パネルは図1のように垂直な吸熱管とフィン等を等間隔で並べた構造ですので、隣り合う吸熱管の中央で対称になると仮定し、本解析では、図2の右側に示すとおり、吸熱部1枚の半分を解析対象としました。解析範囲の横幅は、隣り合う吸熱管の中心間距離の半分である40mmとし、高さは3550mm、奥行きは3010mmとしました。乱流モデルにはAKN線形低レイノルズ数k-εモデルを使用し、境界条件は床面と背面を断熱面、解析領域の上面と前面は流体の出入りは無しの等温面(21°C)、側面は対称面、ドレン部と台座は計算領域外とし、表面を断熱面、ふく射境界条件はふく射率0.9としました。パネルの配管内部には温度9°C、管内熱伝達係数5000W/(m²・K)を与え、定常解析を実施しました。解析ソフトウェアにはscFLOWを使用しました。

可視化実験の模式図を図3に示します。実験室(幅1640mm、奥行き3010mm、高さ3550mm)を暗幕で覆い、トレーサー(流体の動きを可視化するために流す微粒子や気泡)を流量8mL/hで5分間充填しました。その後、ふく射冷房パネル前面から、CWレーザーを用いてレーザーシートをパネルに対して垂直に照射し、可視化した気流を、パネルの側面から高速度カメラ(フotron製: FASTCAM Nova S6)を用いて、1000枚(1秒間)撮影しました。本測定では、トレーサーとして、ヘリウムソーブバブル発生装置(LaVision製)を用いて、複数のノズルから直径約300μmのシャボン玉を発生させました。可視化ソフトウェアとしてはDaVis10(LaVision社)を使用しました。なお、実験時の室温は21°C、冷却水温度は9°Cでした。

scFLOWの数値解析結果を図4、図5に、ふく射冷房パネル前方周りの空気の流れのPIV結果を図6に示します。

CAEによる数値解析によって熱交換量を算出でき、従来品よりも熱交換性能が向上していることを確認できました。また、数値解析とPIVともに、パネルによって冷却された空気は、パネル上方から下方前面に流れていて、流速もおおよそ一致していることから数値解析の妥当性を確認できました。

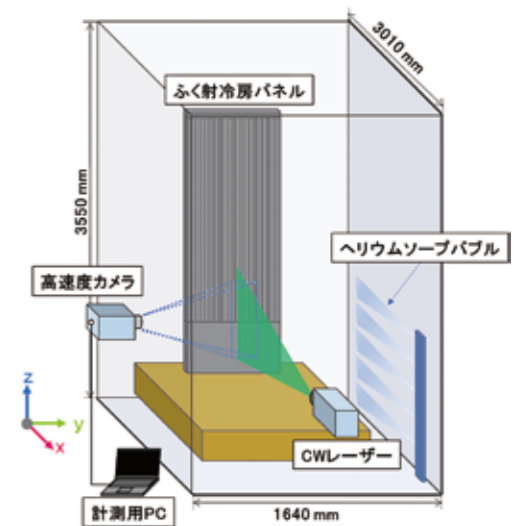


図3 可視化実験の模式図

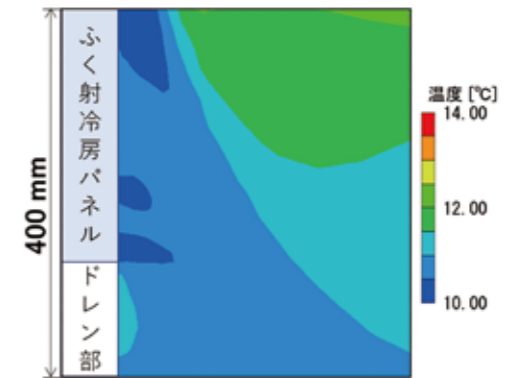


図4 scFLOW解析結果(温度コンター)

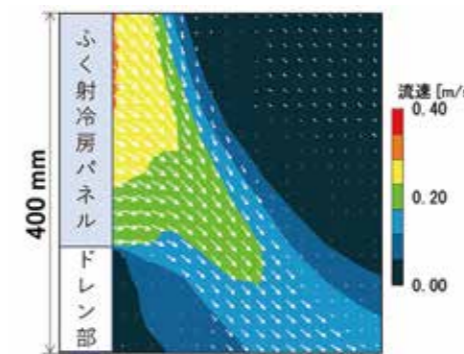


図5 scFLOW解析結果(速度コンターとベクトル)

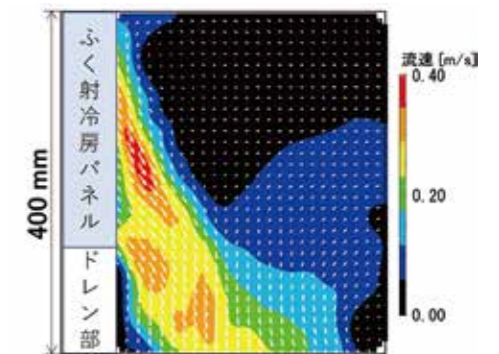


図6 PIV解析結果(速度コンターとベクトル、1秒間平均)