

脱炭素を目指したイノベーション施設

第7報 CFD連携PMV制御のシステム概要

柳澤 淳*¹
尾形 甫*¹

坂本 裕*¹
五十嵐 瞳*¹

はじめに

本施設では、ABWと環境（environment）のeを合わせたABW+eをコンセプトとし、働く場所だけではなく働く環境も選べるワークプレイスを創造している。施設内で異なる環境を実現させており、本報では、その一つを構成するCFD連携PMV制御の概要と制御方法を報告する。

1. システム概要

1.1 室仕様

対象の空調制御を導入した空間について、図-1に示す。この空間は、約500m²のワークプレイスであり、吹き抜けのエリアは床吹出空調を行う7エリア、天井(2.9m)があるエリアは放射空調を行う6エリアとなっている。

1.2 空調方式

空調設備概要を図-2に示す。床吹出空調エリアは床吹器具から空調空気が給気され、放射空調エリアでは天井面に水式放射パネルをほぼ全面に敷設されている。なお、放射空調エリアは換気を目的として外気処理空気が給気されている。両エリアともペリメータ部には、床置アクティブチルドビームが設置されている。

1.3 導入技術の概要

本システムの制御フローを図-3に示す。1時間後の天気予報、センサー情報・空調運転情報及びCFD解析などから以下の手順で空調設備を制御する。

- (1) 外部インフラである天気予報と連携し、1時間後の外気環境を想定する。
- (2) 熱負荷予測プログラムにより表面温度を予測する。
- (3) CFD解析による放射温度や風速などバーチャルセンシングを利用する。
- (4) リアル値とバーチャルセンシング値から1時間後のPMV値を予測する。

- (5) PMV値が悪化しないように、事前に空調設定温度を可変する。

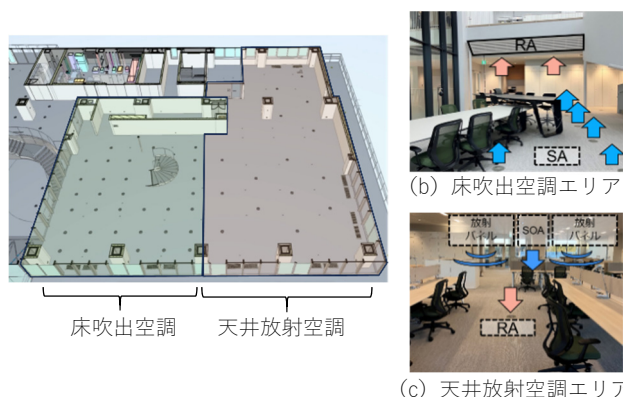


図-1 対象となる空調制御を導入する空間

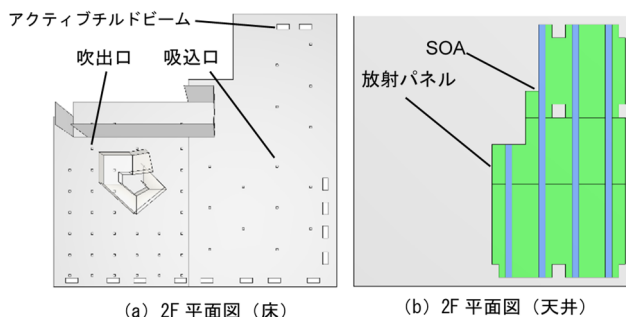


図-2 空調設備図

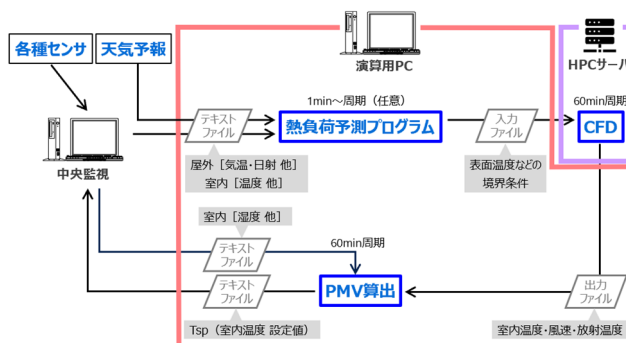


図-3 CFD連携PMV制御のフロー

*¹ 新菱冷熱工業株式会社

CFD の逐次解析を迅速に行うために計算負荷の低減が重要となるが、本システムでは部材内部の熱貫流を解析することの代わりに、天気予報から躯体の時間遅れを考慮しつつ、未来の壁・窓・天井・床などの表面温度を求める手法を構築した。

2. 制御方法

2.1 熱負荷予測プログラム

熱負荷計算は、NewHASP/ACLD¹⁾をベースとした応答係数法による非定常熱負荷計算を採用した。出力は、CFD境界条件としての利便性を考慮し、室内各所の表面温度とした。NewHASP/ACLDからの主な変更点は、以下の8項目である。

- (1) 出力を室内側各面の表面温度に変更
- (2) 計算間隔を任意設定に変更（最小1分）
- (3) 対流成分と放射成分に分け、室内の熱収支を計算
- (4) 面ごとに、放射熱伝達率と対流熱伝達率を設定
- (5) 水平全天空日射から、各方位の直達日射、散乱日射及び反射日射を推測し、成分ごとに室内への入射角度を設定
- (6) 窓の光学特性を反映し、動的に入射角度を考慮の上で透過成分、吸収成分及び反射成分を個別に計算²⁾
- (7) ブラインドも窓と同様に透過成分、吸収成分及び反射成分を個別に計算
- (8) 底を考慮したうえで、直達日射の室内照射範囲を動的に求め、日射の吸熱応答を計算

2.2 CFD モデルの概要

表-1 に CFD 解析条件を示す。解析は定常解析とし、乱流モデルは標準 k-ε モデルを用いた。CFD モデルを図-4 に示す。出力する項目は温度、風速、放射温度とした。部材は先述した熱負荷予測プログラムで算出した表面温度を境界条件として与えることで、部材内の解析は行わず、計算時間の短縮を目指した。

2.3 PMV 計算の概要

CFD 解析結果の一例を図-5 に示す。PMV 計算では、CFD 解析の結果などから未来の PMV 値を算出し、快適値となるように設定温度を計算する。ワークスペースは床吹出空調を行う7エリアと放射空調を行う6エリアの計13エリアとなっており、このエリアごとに PMV 計算を行う。この計算例を図-6 に示す。それぞれの空調方式やペリメータの影響などエリアごとに温熱要素の構成の違いを考慮し、いずれのエリアにおいても快適な環境を提供する。

おわりに

将来の負荷予測を行い、CFD 解析と PMV 制御を組み合わせた空調制御システムを構築した。将来の環境予測に合わせた PMV 制御を行うことで快適な温熱環境を維持するとともに、過冷却や過加熱の抑制による省エネルギー効果も期待される。今後は、運用状態での温熱環境計測やアンケートなどを通じて開発システムの有効性や効果を確認する予定である。

表-1 CFD 解析条件

ソフトウェア	STREAM V2022.1
解析方法	定常解析
乱流モデル	標準 k-ε モデル
移流項差分スキーム	QUICK
解析項目	温度、風速、放射温度

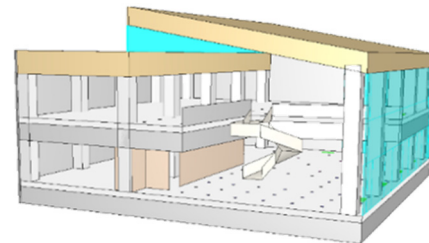


図-4 CFD モデル

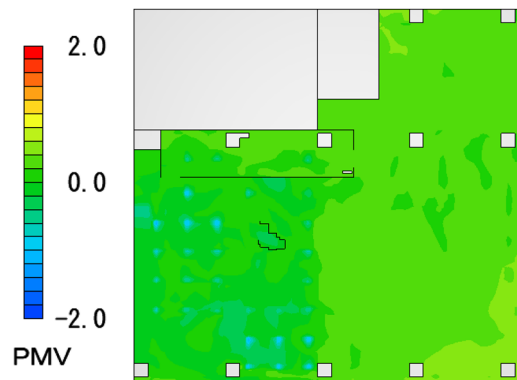


図-5 CFD 解析結果 (3月4日13時の予測)

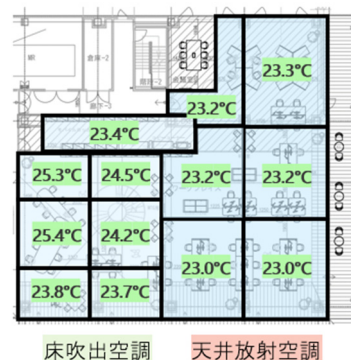


図-6 設定温度算出結果のイメージ

参 考 文 献

- 1) 松尾, 他 (1980). 空調設備の動的熱負荷計算入門. 日本建築設備士協会
- 2) 田中, 他 (2006). 最新建築環境工学 改定 3 版 井上書院
pp.200-208