

脱炭素を目指したイノベーション施設

第4報 4D ミニエン空調のシステム概要

矢島和樹*¹
横山計三*²
柳澤淳*¹

秋元孝之*²
坂本裕*¹
平須賀信洋*³

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ために開発した空調システムの概要と制御方法について報告する。

1. システム概要

1.1 室仕様

対象の空調システムを導入した空間を図-1に示す。この空間は、3階に位置する約170m²のワークプレイスであり、2階ワークプレイスと吹き抜け・螺旋階段でつながっている。天井は傾斜しており、高さは約3.5mから6mと開放的な空間となっている。

1.2 空調方式

当該エリアは天井が高く、吹き抜け部からの暖気の上昇が予想されたため、快適性と省エネルギー性の両面から局所空調 (タスクアンビエント空調) を採用した。

アンビエント空調として、当該エリアのOAフロアパネル下に冷温水チューブを敷設した (図-2)。また、この床下空間には、外気を含む空調空気が供給されている。OAフロアパネルには、送風方向を可変できるリバーシブルファン (以下、ファン) を分散配置 (図-3) し、床下空気を床上へ吹き出すか、逆に床上の空気を床下に送気することで、タスク空調を行う。なお、ペリメータ部 (図-3 中下側) は、床置きタイプのアクティブチルドビームが設置されている。

1.3 開発システムの概要

床放射空調システムは、ドラフト感が少なく、静穏性

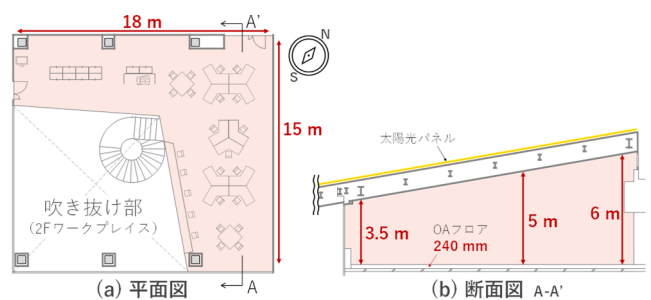


図-1 対象システムを導入した空間

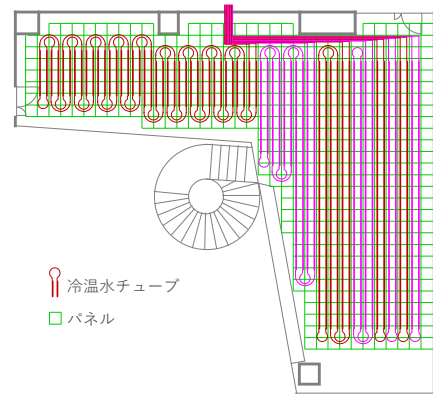


図-2 放射パネル敷設状況



図-3 制気口の配置状況

*¹ 新菱冷熱工業株式会社
*² 芝浦工業大学
*³ 三菱地所設計

が高く、室内温度ムラが小さいことが長所であるが、一方で空気温度変更への応答性は悪く、室内の熱負荷処理とは関係ない床下にも意図せず一部放熱される欠点もある¹⁾。一方、床吹出空調システムは、気流による清涼感や空気温度変更の応答性は高いものの、温度・気流ムラを招きやすく、熱搬送効率面でも水搬送に比べて劣る。

これら放射空調と対流空調の双方の欠点を打ち消しあい、双方の特長を活かしたタスクアンビエント空調システムを実現するため、ファンを用い局所的に床吹出・吸込を個別に制御できる空調システムを開発した。開発システムの概要を図-4に示す。

ファンの正回転と逆回転を組み合わせることで床下に風を通し、局所顕熱コイルのようにすることで前述の床放射による床下放熱ロスを有効活用する。また、人の滞在場所と滞在時間を加味してファンの正回転/逆回転や回転数を制御する。このように、本開発システムでは、3D空間だけでなく時間軸(1D)を考慮した4Dの環境制御を行う。

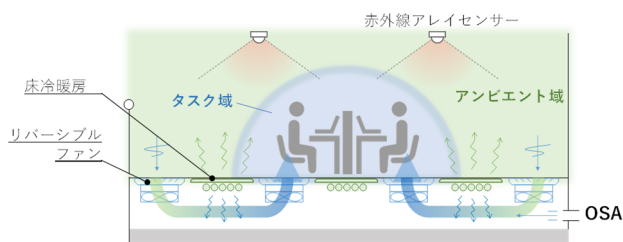


図-4 開発システムの概要図

2. 制御方法

2.1 制御パラメータ

タスク制御のパラメータには、外気温の変化や着衣量の変化を考慮した季節変化、申告や働く場所を考慮した個人の嗜好・選択、執務者の行動や時間軸など快適性に影響する要素を反映した。以下に具体的制御方法を示す。

(1) 活動量の時間変化

出社直後や長時間離席した際の着座時には活動量(met値)が多いものの、着座時間の経過に応じて徐々に活動量が静座時に近づく。この代謝量の変化を想定(図-5)し、温度(または風速)を調整することでPMV値を一定の範囲内にコントロールする。

(2) 個人の嗜好・選択

執務者が個人のPCから温冷感申告と気流申告を可能とした(図-6)。例えば、“涼しく”を押すとPMV計算の活動量を多くし、温度を下げる方向にファン回転数を制御する。気流申告では、スライドバーで直接ファン回転数の増減補正を行えるようにしている。これらの機能により、執務者が与えられた温熱環境だけでなく、自らの嗜好に応じた環境にコントロールすることができる。

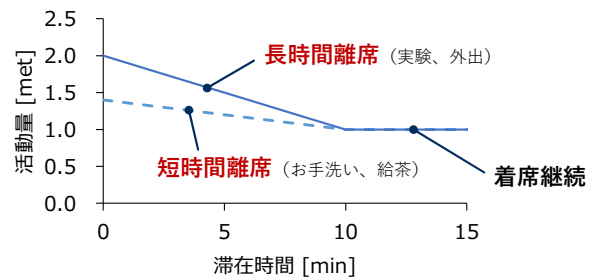


図-5 活動量の時間変化の反映



図-6 執務者による申告機能

(3) 季節変化

季節による外気温変化を考慮して、目標温度の補正や、PMV計算の着衣量を変化させている。また、冷房時は正回転(吹出)を人が在の場所とし、暖房時はドラフト防止のため人が在の場所は逆回転(吸込)とし、隣接する不在の場所から吹き出すように、季節で逆転させている。

2.2 リバーシブルファン制御方法

温度センサ・赤外線アレイセンサーの計測値と執務者の申告をもとに、40個のファンのシャッター開閉・正/逆回転・回転数を個別に制御する。制御の入力と出力を図-7に示す。赤外線アレイセンサーは任意にエリア分けが可能なので、ファン1個ずつの範囲にエリア分けをし、エリアごとの人の在/不在、表面温度の計測値を入力として用いる。また、温度センサによる空調ゾーン(図-3中に記載)ごとの室内温度の計測値や、同じく空調ゾーンごとの執務者の申告情報を入力とする。これらの入力をもとに、汎用の表計算ソフトにてさまざまな要素を考慮した計算を行う。この計算プログラムと中央監視装置とを連携させ、リアルタイムの計測値から入力、計算、出力までの一連の制御を十数秒単位で繰り返し個々のファンを制御する。

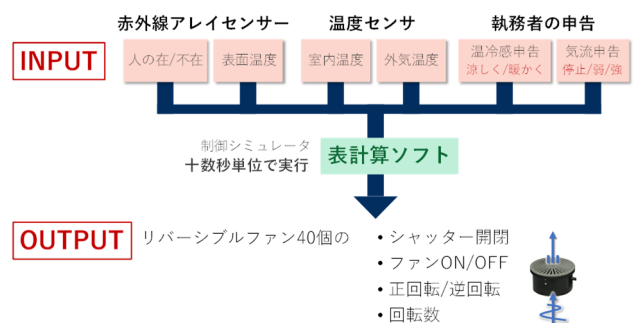


図-7 開発した制御の入出力

おわりに

赤外線アレイセンサーによる人員検知と組合せ局所空調化（ミニエンバイロメント）することで省エネルギーかつ好適な温熱環境の形成を目指した空調システムについて報告した。さまざまな要素を考慮した制御としているが、それらは過去の研究や事例を参考に既存技術を組み合わせたものである。運用開始後の温熱環境計測・アンケートなどを通して、反映した要素を修正・改良し、目的を実現する制御内容にするべく完成度を高める。

参考文献

- 1) Ito et al. (2017). Study on Thermal Load Calculation for Ceiling Radiant Cooling Panel System. Proceedings of 15th International Conference of IBPSA.
- 2) 五十嵐 他. (2023). 脱炭素を目指したイノベーション施設の計画と検証（第4報）ワークプレイス空調システムの概要. 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集.