

CFD解析に基づく室内温熱環境の自動最適設計手法の開発

東京大学 生産技術研究所 加藤 信介、金 泰延

1. 目的及び本研究の特徴

本研究は、室内環境CFD (Computational Fluid Dynamics) 解析シミュレーションに基づく室内温熱・空気環境の自動最適設計手法を開発することを目的とする。これは室内の環境性状を設計目標値に最大限近づけさせるための室内の物理的な境界条件を求める手法、すなわち逆問題解析による環境の自動最適化設計手法の基礎的な検討を行うものである。

2. CFDに基づく室内環境の自動設計手法

室内における空調設計の流れを図1に示す。CFD解析に基づく室内環境の自動設計手法は、空調設計者の意思決定を、CFD解析手法を用いて再現するものである。その自動設計手法の手順を図2に示す。

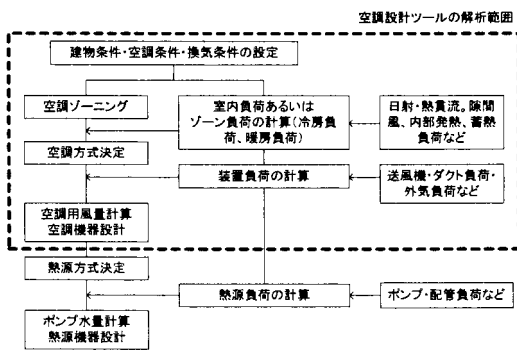


図1 室内空調設計の流れ

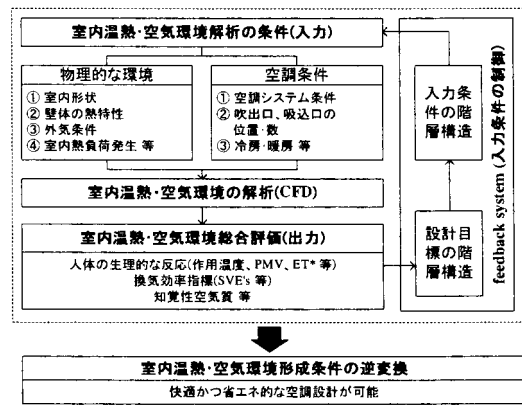


図2 CFD解析に基づく室内環境の自動設計

- (1) CFDによる室内温熱・空気環境の解析 室内温熱・空気環境の解析は、主に対流・放射・湿気輸送の連成CFD解析により行う。
- (2) 室内温熱・空気環境の評価 室内における人体の温冷感、室内平均温度、換気効率などの解析を行う。これにより空調目標と環境の差異が評価される。
- (3) 各建築要素(入力条件)を制御する feedback system 室内環境は、様々な建築要素により形成される。自動設計手法は、環境目標に対して室内環境の最適化を計るよう建築要素を変更・制御する。各建築要素はCFD解析による環境評価により自身が変更され得るfeedback systemを持つ。各建築要素は変更・制御の優先順位(階層構造)が設定されており最も重要な要素から順に制御を行う。制御(変更)された建築要素は再びCFD連成解析の入力条件として用いられる。

3. 解析例

開発された自動最適設計の有効性を検証するため、図3に示すセミオープンスペースを対象として解析を行った(冷房時)。解析対象の中央に設置した人体モデルには温熱生理モデルを組み込み、人体と室内温熱環境の熱授受を定量的に解析する。この人体温熱生理モデルによる温冷感(PMV=0.5)を空調目標とし、その目標を達成するための空調条件及び空調設計の基本となる空調負荷などの解析を行う。

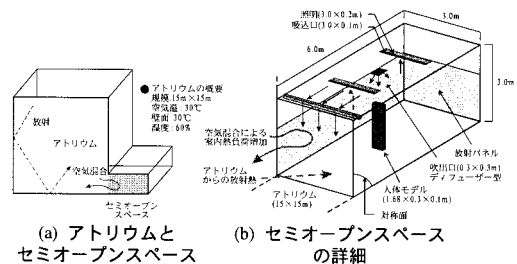


図3 解析対象とセミオープンスペース

4. 解析結果

4.1. 風速分布 (図4)

- (1) 放射パネル方式 アトリウムからの空気は空間上部から入って下部から流出する。
- (2) 全空気方式 空調吹出口から吹き出された冷気はエアーカーテンによって生じた循環流によりよく混合される。

4.2. 温度分布 (図5)

- (1) 放射パネル方式 空間全体に温度成層が生じ、上下温度差が約3~4 程度となる。室平均温度は全空気方式の場合より約3 程度高い。ただし、人体モデルのPMVはいずれも0.5に等しく制御されている。
- (2) 全空気方式 放射パネル方式の場合より均一な温度分布となっている。

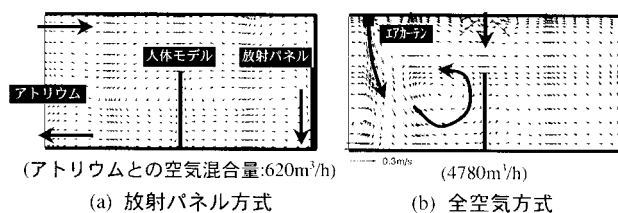


図4 風速分布 (中央断面)

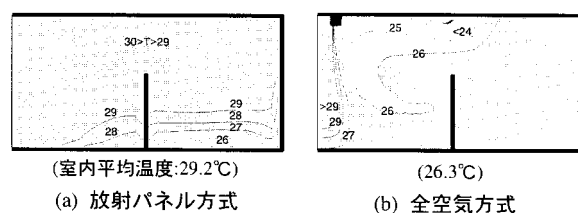


図5 温度分布

4.3. 壁面の表面温度と作用温度、MRT (図6)

- (1) 放射パネル方式 人体モデルの平均放射温度 MRT は26.8 と低い。人体の作用温度は27.6 となり、全空気方式より多少低い。放射パネル自体の平均表面温度は18.7 。
- (2) 全空気方式 壁面の温度は多少高く、そのためMRTも高い。

4.4. 空調条件及び空調冷房負荷の評価 (表1)

放射パネル方式の場合、放射パネル表面温度を18.7 に、全空気方式の場合、吹出し空気温度を16.1 にすることによりPMV=0.5を達成することができる。放射パネル方式の場合、空気混合による顕熱負荷は全空気方式の場合の約30%となる。空気混合による潜熱負荷は、空気混合の多い全空気方式が放射パネル方式の約18倍と大きい。

表1 空調条件及び空調負荷の評価

空調方式		放射パネル方式	全空気方式
セミオープンスペース	空気混合による顕熱負荷 [kW]	0.6	2.3
	空気混合による潜熱負荷 [kW]	0.3	5.6
	放射による顕熱負荷 [kW]	0.1	0.0
放射パネル	負担する顕熱負荷 [kW]	1.4	なし
	負担する潜熱負荷 [kW]	0.4	
	平均表面温度 [°C]	18.7	
空調吹出口	温度 [°C]	なし	16.1
	負担する顕熱負荷 [kW]		3.0
	負担する潜熱負荷 [kW]		5.7

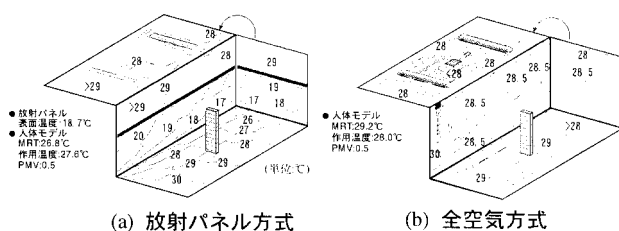


図6 壁面温度分布と人体モデルの作用温度、MRT

5. 結論

- (1) CFD解析に基づく室内環境自動設計手法を用いて、空調目標(PMV=0.5)を一定とする条件で、各種空調方式の空調条件及び冷房負荷などを算出した。
- (2) 同一の人体温冷感条件でも空調システムの違いによって室内の温熱環境性状は大きく異なる。
- (3) 空気の入出が自由であるオープンスペースの場合、放射環境を調整する放射パネル方式は空気混合による熱損失が少なく省エネルギー的室内温熱環境制御法となる。

参考文献

- (1) 加藤信介, 数値流体力学CFDの室内温熱環境への適用(7)(講座), 空気調和・衛生工学会, 1998. 1.
- (2) 加藤信介, 金泰延, 村上周三, 対流・放射・湿気輸送と空調システム制御の連成シミュレーション, 作用温度一定条件での空調負荷の評価, 空気調和・衛生工学論文集, 1999. 7.