

MG4 ソース・レセプター関係を用いた大空間における空調機器の最適制御

Optimal operation control of air conditioning in a large space using source-receptor relationships

指導教員 近藤明教授・共生環境評価領域

28H20034 鹿山和真 (Kazumasa SHIKAYAMA)

Abstract: Generally, air conditioners are used to make the room temperature uniform. As the thermal comfort varies from person to person, a method has been developed for creating a spatial temperature distribution in the room. However, the equipment system is expensive and it is difficult to change the layout. Because of this, there is a demand for a method for creating an indoor thermal environment using a commonly used indoor air conditioner. This study proposed an air conditioning control method using the SR method with CFD simulations to create a spatial temperature distribution in the room. First, the CFD model was validated through a comparison with measurement experiments in the target room. Second, the air conditioning control method was applied to control of outlet temperature of air conditioners to create a spatial temperature distribution in the room as a numerical experiment. The method made it possible to construct an intentional indoor temperature distribution.

Keywords: CFD, Air Conditioner (AC), Indoor Thermal Environment, Experiment

1. 背景と目的

従来は室内全体の温度分布を均一にする室内温熱環境の制御が一般的であった。人が快適と感じる温冷感には若干の個人差があることなどから、室内に空間温度分布をつける手法が開発されている。しかし、設備システムが高価であることや一度構築したシステムはレイアウト変更には追従しづらいといった問題があるため、一般的に普及している室内空調機での、室内温熱環境構築手法が求められている。本研究では熱源と観測点温度の間に線形関係を仮定したSR法[1]を用いて室内に意図的な空間温度分布をつけた室内環境の構築手法の提案をする。本研究では測定実験とCFDシミュレーションの双方の結果を用いて、CFDモデルの妥当性を評価した後、そのモデルを用いて室内温熱環境の制御に取り組む。

2. 測定実験のCFDシミュレーションによる再現計算

2.1 測定実験・CFD計算条件

対象領域・観測点位置は図1で示す。観測点は鉛直方向に4点ずつ配置しており、それぞれの床から0.30m, 0.60mおよび一番低い床から1.25m, 2.25mの4点で水平方向に20地点の合計80点である。これらの観測点における温度を測定する。実験条件は空調吹き出し風量は12.5 m³/min、天井に平行な向きを0°として60°の角度で下向きに吹き出す設定とした。北側2つの空調の設定温度は28°C、南側2つについては20°Cとし、全熱交換器については普通換気モードで作動させた。実験日時は3/12 13:00~3/13 1:00の12時間である。CFDの境界条件は測定実験結果から定常とみなすことができる期間の実験測定値を使用した。

2.2 実測値とCFD計算値の比較

実測値とCFD計算値の観測点温度をプロットした散布図を図2に示す。MBE=-0.47と全体的に過小評価の傾向がみられたが、線形近似した際の傾きは1.16となっており温度勾配は再現できた。結果からCFDシミュレーションで測定実験を精度良く再現できたと言える。よって、このCFDモデルを用いて、SR法を用いた空調機器制御について計算を行う。

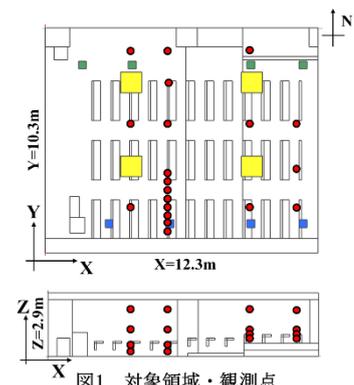


図1 対象領域・観測点

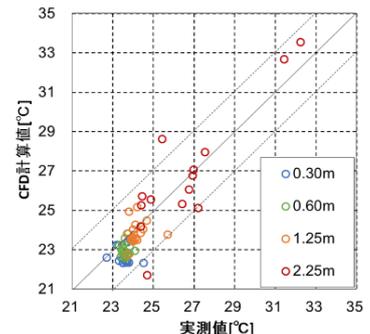


図2 実測値とCFD計算値の比較

3. CFD シミュレーションにおける SR 法の適用

3. 1 SR 法

本研究で用いた SR 法の関係は式(1)で表される。 A はソースとレセプターの関係を示す因果行列、 S は熱源ベクトルで空調の吹き出し温度を表す。 ΔT は基準ケースからの温度上昇量を示すベクトルである。熱源数 N 、温度センサーの数 M とすると、行列 A は $M \times N$ の行列となる。式(1)の残差を用いて評価関数 I を式(2)のように定義し、最急降下法を用いて I を最小化する S を式(3)、(4)から求める。

$$AS - \Delta T = 0 \quad (1) \quad I = \| AS - \Delta T \|^2 \quad (2)$$

$$\frac{\partial I}{\partial S} = 2(A)^T(AS - \Delta T) \quad (3) \quad S_{k+1} = S_k - \frac{\partial I}{\partial S} \Big|_{S=S_k} \quad (4)$$

3. 2 空調運転制御の流れ・計算条件

1. 基準ケース（全ての空調吹き出し 30°C）および 1 つの空調吹き出し温度のみを 31°C にしたケース（4 ケース）の合計 5 ケースの数値計算を行い、SR 関係を取得する

2. SR 法を適用することで空調吹き出し温度を決定する。

計算ケースは図 3 で示される黒丸の観測点（6 点）温度を基準ケースから 1°C 上げ、赤丸の観測点（10 点）温度は基準ケースの温度を維持する。観測点高さはすべて 1.25m となっている

3. 3 結果と考察

図 3、表 1 から南側の温度を維持しながら北側の温度を平均 0.85°C 上げることができた。図 3 から分かるように基準ケースと比べて制御後は南側と北側で温度差が生じており、目標とする温度分布が構築できた。本研究では空調吹き出し温度のみの制御を行ったが、SR 法と組み合わせて吹き出し風向・風量も制御することができれば、制御精度の向上およびより細かく分割された温度分布の構築が見込めると考えられる。

表 1 目標温度と計算値の比較

推定吹き出し温度	目標温度	計算値
[°C]	[°C]	[°C]
AC1 33.66	北側 +1.0	+0.85
AC2 31.91		
AC3 28.47	南側 0.0	-0.09
AC4 29.04		

本研究の結論を以下にまとめる。

- 測定実験の CFD シミュレーションによる再現計算では、MBE=-0.47 と全体的に過小評価の傾向がみられたが、線形近似した際の傾きは 1.16 となっており温度勾配は再現できた。
- SR 法を用いて空調吹き出し温度を制御することで、意図的な室内温度分布の構築をすることができた。

参考文献

[1]松尾智仁, 近藤明, 嶋寺光: 連続的データ同化法 (VCA 法) を用いた室内環境推定手法の開発 (第 7 報) ソース・レセプター関係を用いた初期推定場の作成. 空気調和衛生工学会大会, 名古屋, 2018

4. 結論

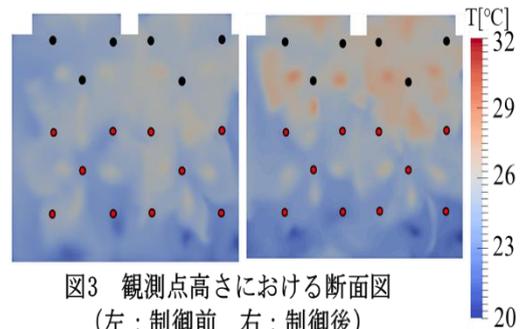


図3 観測点高さにおける断面図
(左: 制御前 右: 制御後)