

BF5 CFD とソース・レセプター関係を用いた室内希薄ガス濃度制御のための発生器の最適配置・最適制御手法の開発

Development of a method to optimize the location and operation of indoor trace gas generators to control its concentration by using CFD and source-receptor relationship

共生環境評価領域

08E17030 鈴木絢子 (Ayako SUZUKI)

Abstract: In order to diffuse trace gas such as fragrance into a room with an appropriate concentration distribution, it is necessary to control the conditions of the gas sources. This study used the Source-Receptor (SR) method to determine the optimum source placement and intensity to satisfy the target concentration. By the SR method, the optimum source intensity of source candidates could be determined. In addition, the optimum arrangement could be determined by selecting the optimum three sources from eight source candidates.

Keywords: Data Assimilation, CFD, Linear Relationship

1. 背景と目的

薬剤などの希薄ガスを室内に散布させる際には、それらの濃度分布を適切に制御する必要がある。しかし、室内には空調や換気による気流が存在するため、室内の濃度分布を制御するためには、それらの影響を加味して発生源の位置と発生量を決定する必要がある。また、目標とする濃度分布に対して最適な発生源の配置と最適な制御を求める計算は逆問題であり、一般に解は自明ではない。松尾ら¹⁾は熱源をソース、観測点の温度をレセプターとして、熱源に対する気温の線形応答を仮定するデータ同化法であるソース・レセプター (SR) 法を用いて室内の熱源分布と温度分布を推定した。本研究では SR 法を室内希薄ガスに適用し、任意の点での目標濃度分布に応じた発生源条件を逆推定する手法を構築する。また、構築した手法の検証のため、CFD によるシミュレーションを行い、本手法による最適化が有効であるかどうか評価する。

2. 計算条件

本研究の CFD シミュレーションは、汎用 CFD シミュレーションソフトである OpenFOAM を用いて行った。計算領域を図 1 に示す。X 方向 7.5 m、Y 方向 15.0 m、Z 方向 2.6 m である。部屋に空調を 2 つ設置し、吹き出し風速は 2.64 m/s、吹き出し角度は 30° (水平方向を 0°) とした。観測点と発生源の配置を図 2 に示す。観測高さ 1.5 m とし、発生源高さは 1.0 m とした。また図 2 中の番号は発生源番号である。

SR 法について

本研究で用いた SR 法は、松尾ら¹⁾の手法の適用対象を物質に置き換えたものである。本研究で用いるソース・レセプター関係を式 1 に示す。 A はソース・レセプター関係を表す因果行列、 ΔS は発生源からの放出量を示す発生源ベクトル、 ΔC は発生源からの発生量が 0 ppm である場合を基準としたときの濃度上昇量を表すベクトルである。

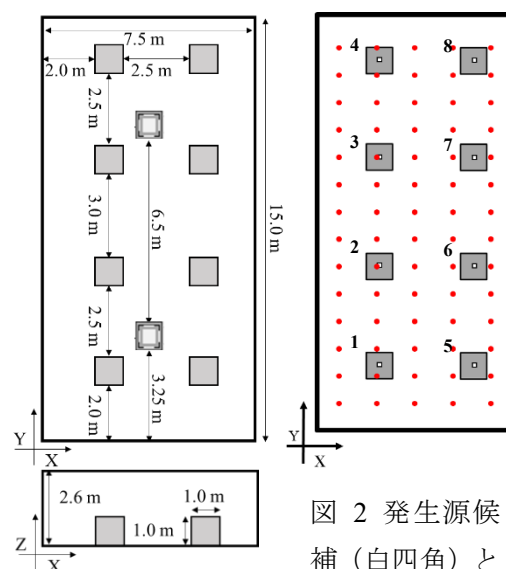


図 1 計算領域

図 2 発生源候補 (白四角) と観測点の配置 (赤点)

$$AAS = \Delta C \quad (1)$$

計算ケース

本研究では、図2に示す観測点における濃度をすべての点で1 ppmにすることを目標にSR法を適用した。(a) 8個の発生源から均一に発生させた場合、を基準とし、(b) SR法により8個の発生源の発生強度を最適化した場合、(c) 寄与の大きい3個の発生源だけを用いて発生強度を最適化した場合をそれぞれ計算し、発生量を得た。この値をCFDシミュレーションに入力し、観測点濃度分布を出力した。この観測点濃度分布と目標濃度分布を比較することで、どれだけ目標濃度に近づけられたかを評価した。

3. 結果と考察

まず、得られた発生量を表1に示す。(a)では、観測点平均濃度が1 ppmになるように発生量を決定した。表1より、(b)の発生量は各発生源での発生量に大きな差が出た。特に、発生源の2,4,6で大きな発生量となった。したがって、(c)では、発生源の最適配置を2,4,6として最適制御を行う。

次に、得られた観測点濃度分布を図3に示し、観測点濃度分布の平均絶対誤差(MAE)を表2に示す。図3より、(b)や(c)は観測点濃度分布の外れた値が少ない。一方で(a)は観測点濃度分布のばらつきが大きく、濃度が極端に大きい観測点もある。また表2よりMAEの値がもつとも小さかったのは(b)であった。(a)と(b)の比較により、SR法による最適制御は有効であると言える。また、(b)と(c)の比較により、発生源の数を8個から3個に減らした場合、大幅に精度が落ちることはないと言える。

4. まとめ

本研究では、室内濃度分布を制御するためにSR法を用いて発生源の条件の逆推定を行った。そして、推定された発生量を入力値としてCFDシミュレーションの再計算を行い、観測点濃度分布と目標濃度分布との比較を行い、最適制御の精度を評価した。その結果、SR法による最適化により、最適化を行わなかった場合よりも目標に近い濃度分布を得ることができた。

参考文献

- 1) 松尾智仁, 嶋寺光, 近藤明. (2018) 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. 平成30年度空気調和・衛生工学会大会, 名古屋

表1 各ケースの発生量

発生源	Source8_	Source8_SR	Source3_SR_
	Uniform		Highest3
1	10.2	0.126	
2	10.2	18.8	27.0
3	10.2	4.11	
4	10.2	32.3	36.5
5	10.2	2.22	
6	10.2	18.4	25.7
7	10.2	2.77	
8	10.2	11.4	

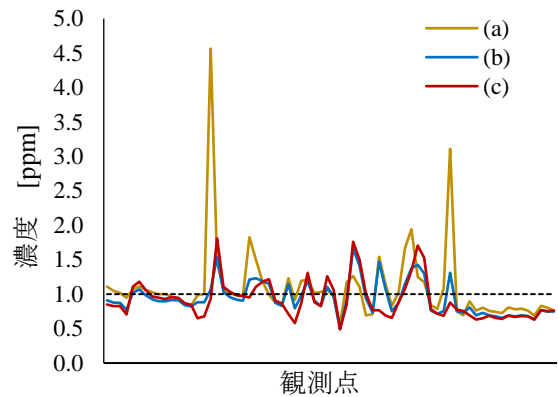


図3 各ケースの観測点濃度分布

表2 各ケースのMAE値

計算ケース	MAE
(a)	0.263
(b)	0.206
(c)	0.237