

室内空気質 遺伝的アルゴリズム
 空気齢 気流解析

AJ16031 太田 まつり
 指導教員 西村 直也



1. 研究の背景と目的

ホルムアルデヒドの発散によるシックハウス症候群など人的被害が問題となり、建材からの室内環境について注目される一方、負荷低減のため自然換気の回数を削減する流れになる近年、換気の担う室内設備の重要性が高まっている。空調設備及び空調制気口配置の計画・設計段階で数値流体解析（CFD：Computational Fluid Dynamics）（以下、CFD と記す。）の使用が一般化する中、本格的に導入するには無数に存在する吹出口などの設備因子の組み合わせをどうするかという最適化問題が存在する。本研究ではこの最適化問題に対して GA を用いた設計支援ツールの開発・研究を行ってきた。

本研究では、今一度基礎的な条件で設計支援ツールを運用し、資料の足りない運用方法の補間に努める。また、吹出口配置の最適化に取り組むことで、重要となる条件設定の基礎を検討する。

2. 研究手法

2-1 CFD を用いた気流解析について

(1) 評価方法について

本研究では、空気齢及び換気効率指標（SVE：Scale for Ventilation Efficiency）の考え方を用いる。喚起効率指標とは複雑な換気特性を定量的に把握するために提案された指標であり、空気齢指標（SVE3）を含む。本研究では SVE3 の考え方のもと空気齢を室の評価値として用いる。

図 1 に示すように、空気齢とは、吹出口より入った空気が室内のある点に至るまでの移動時間を表し、新鮮空気の到達性をとらえることができる。

(2) 解析 Model の概要

対象とする解析 Model は、吹出口と吸入口のみの単純な一室を想定したものである。吹出口を a~h の 8 点から 2 点選ぶものとし、吸入口の高さの異なる 2 種類のモデルで解析を行う。「ab」「gh」のように吹出口として選択した二か所をパターン名として用いる。各モデル共通の天井伏図を図 2、解析モデルの立体図を図 3、解析モデルの概要を表 1 に示す。図 2 における右上、左下の太線部分が吸入口位置であり、図 3 における側面の長方形の位置に吸入口があるものとする。また、吸入口が上部のものを Model1、下部のものを Model2 とする。

(3) CFD の解析概要・解析条件

本研究で使用する解析ソフトは熱流体シミュレーションソフト「STREAMv13」である。本研究における解析条件を表 2 に記す。

2-2 室の代表値の設定

2-1(1)で述べたように評価値として空気齢を用いる。設計支援ツールでの評価値として、過去の研究と同様に空気齢の下側累計頻度 95%の値を室の代表値として設定する。空気齢は値が小さいほど良いとされるが、空気齢における下側累計頻度は極端に空気齢の悪い値を除くことができるため、室内の換気特性の評価に適していると言える。

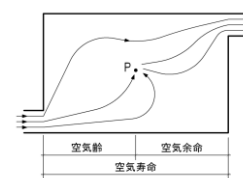


図 1 空気齢概念図

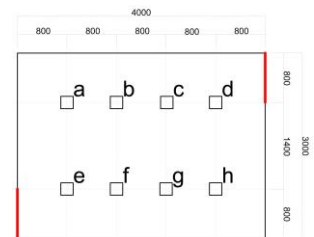


図 2 天井伏図

表 1 解析 Model の概要

延床面積	3000×4000[mm ²]	
設備因子	吹出口	200×200[mm]
	吸入口	800×200[mm]

表 2 解析条件

非圧縮性/圧縮性	非圧縮性
定常/非定常	定常
乱流状態	乱流
解析選択	換気効率
要素数	21,600=30×40×18
解析サイクル	200
流量	0.1m ³ /s
流入温度	20℃

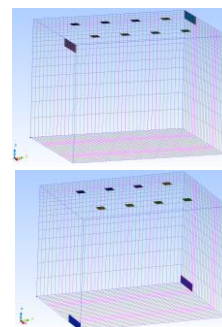


図 3 解析 Model 立体図 (上:Model1、下:Model2)

2-3 GA を用いた解析方法について

(1) GA について

GA は生物の進化を模倣した汎用性の高い学習型アルゴリズムである。GA の概要を図 3 に示す。GA は生存競争の勝敗に基づいた遺伝子の遺伝子的操作を繰り返すことにより（世代）、環境

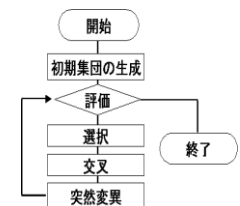


図 3 GA の概要

に適合する遺伝子が生き残るとい生物進化の過程を、ある制約条件のもとで最適値を探索するという最適化問題に適用したシミュレーションである。

(2) GA の条件設定

本研究では、Model1、Model2 を探索対象とし、解析データから得た評価値を GA の適応度として用いる。条件要素の組み合わせ全 36 パターンの検証を行い、その条件設定を表 4 に記す。また、設定の有用性を図るために条件 1 つに対して 10 回の解析を行うものとする。

3.CFD、GA を用いた結果

3-1 CFD の解析結果

Model1、Model2 の各 28 パターンで算出した空気齢の下側累計頻度 95% の値のうち、各モデルで一番優秀な数値を表にしたものを表 5 に記す。本研究では、この値を終了条件として設計支援ツールを用いて出すことができるか検証する。また、各パターンの空気齢のコンター図も作成した。表 5 で記した最優秀個体の吹出口位置とコンター図を図 4、に示す。

3-2 GA の解析結果

一つの条件に対して 10 回設計支援ツールを動かして最適解を出すか確認する。各モデルの解析結果を、条件名「Model 名-ランキング選択(A)かルーレット選択(B)-突然変異確立-エリート保存率」として表 6、に記す。

突然変異確立の数値は 3 水準で行ったが、一般的に 0.1 以下とされるこの値は本条件においても 1 では正解率はほとんど導き出されず、0.1 と 0.01 では 0.01 のほうが正解率が良いという結果になった。

エリート保存率が 0 の場合、正解率 100% (10 回中 10 回最適解にたどり着いた。) の条件は「1-A-0.01-0」「2-A-0.01-0」の 2 つのみであり、他の条件では 50% をきるものも多く本条件には合わないことがわかった。

4.まとめ

正解率が安定しないのは、突然変異確立は 1 の場合またはエリート保存率が 0 の場合である。

世代交代数について本研究では、どの解析においても 5 回ほど解が変動しなくなったので、単純モデルにおいてはもっと小さな値でもよいと考えられる。

選択方法はランキング選択、ルーレット選択の 2 種類を採用したが、どちらのモデルでも明確な違いはなかった。これは解析モデルが単純すぎるため違いがでなかった可能性があるとも考えられる。

今後の課題として、実際の設計では終了条件がわからない状態で解析を行うため前提条件がとても重要となる。この条件を狭めるために様々な室の形状や GA の解析条件で検討を行う必要がある。

表 4 GA の解析条件

解析モデル	Model1、Model2
世代交代数	50
集団サイズ	20
選択方法	ランキング選択、ルーレット選択
交叉方法	2 点交叉
突然変異確立	1、0.1、0.01
エリート保存率	0、5、10

表 5 室の代表値、最優秀個体

解析モデル	吹出口位置	SVE3[-]
Model1	cf	0.99317
Model2	bd	1.05504

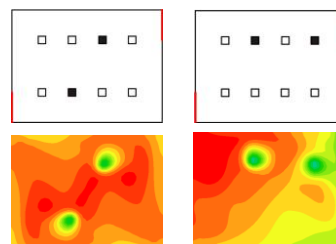


図 4 最優秀個体コンター図

(左：モデル 1 吹出口 cf・右：モデル 2 吹出口 bd)
表 6 GA の解析結果 (左：Model1、右：Model2)

条件名	正解率[%]	条件名	正解率[%]
1-A-1-0	80	2-A-1-0	60
1-A-1-5	70	2-A-1-5	40
1-A-1-10	80	2-A-1-10	40
1-A-0.1-0	80	2-A-0.1-0	80
1-A-0.1-5	100	2-A-0.1-5	100
1-A-0.1-10	100	2-A-0.1-10	100
1-A-0.01-0	90	2-A-0.01-0	100
1-A-0.01-5	100	2-A-0.01-5	100
1-A-0.01-10	100	2-A-0.01-10	80
1-B-1-0	80	2-B-1-0	40
1-B-1-5	80	2-B-1-5	80
1-B-1-10	80	2-B-1-10	50
1-B-0.1-0	70	2-B-0.1-0	50
1-B-0.1-5	100	2-B-0.1-5	100
1-B-0.1-10	100	2-B-0.1-10	100
1-B-0.01-0	100	2-B-0.01-0	40
1-B-0.01-5	100	2-B-0.01-5	100
1-B-0.01-10	100	2-B-0.01-10	100

引用・参考文献

- 1) 矢野 隆義：遺伝的アルゴリズムを用いたクリーンルームの最適設計に関する研究，芝浦工業大学修士論文，2003.3
- 2) 山口 紘平：GA を用いた複雑な形状の室の制気口配置に関する研究，芝浦工業大学修士論文，2012.3
- 3) 白石 洋一：組合せ最適化アルゴリズムの最新手法-基礎から工学応用まで-，2002.3
- 4) 大谷 紀子：進化計算アルゴリズム入門-生物の行動科学から導く最適解-，オーム社，2018