

サンルームを有する住宅の非定常 CFD 解析

214-060 白山小由里

1. 背景・目的

開口部は昼光利用や冬季の日射熱利用を扱う上での要となる一方で、開口部の断熱性能は壁体部に比べて低く熱損失が生じ易いという弱点もある。開口部を利用した空間の一つにサンルームがあり、一般的にはサンルームの屋外側と室内側とにそれぞれガラス開口を有する。サンルームに隣接する居室であれば、日中はサンルームを通して太陽光を取り入れ易く、夜間はサンルームがバッファになることで居室温度の低下を抑えることが可能と考えられる。いずれも、サンルームと居室との境となるガラス開口の開閉状態に因るところが大きいと考えられる。日中、室内側のガラス開口を閉じた状態であれば、サンルーム内はオーバーヒートし易く、居室に届く太陽光線も減少するであろう。また、夜間に室内側のガラス開口を開けた状態であれば、居室内の熱は逃げ易くなるであろう。時間帯に応じた室内側ガラス開口の適切な開閉が有効と考えられる。

本卒業研究では、サンルームを有する居室を対象に CFD 非定常解析を行い、サンルームと居室の境のガラス開口の開閉状況を変えた場合における室温性状の違いについて検証する。

2. 解析概要 2.1 解析条件

本解析では、サンルームおよび居室を対象に 11 月と 12 月のそれぞれ 20 日~23 日の 3 日間を想定して非定常の CFD 解析を行う。日射、放射を連成した解析とする。解析には(株)アドバンスドナレッジ研究所の CFD ソフト FlowDesigner2018 を使用。解析条件を表 1 に示す。

表 1 CFD 解析条件(全ケース共通)

乱流モデル	アルゴリズム	移流項差分スキーム	メッシュ
標準 k-ε モデル	SIMPLEC 法	一次風上	構造格子

レビ設計室(代表:中川 純)が千葉県長生郡に計画中の戸建住宅におけるサンルームの解析を予定するため、外気温は千葉県長生郡に最も近い茂原市の過去 5 年間(2012 年~2016 年)のアメダスデータから、11/20~23、12/20~23 の範囲で抽出しサイクリックデータを作成した。天空温度はソフトウェアの仕様上固定値となるため期間平均値を算出して設定した。解析条件を表 2 に示す。

表 2 解析条件

メッシュ数	213,840 (x:54 y:90 z:44)
外気温	サイクリックデータ(11 月・12 月)
曇天率	11 月: 53.75% 12 月: 45.49%
天空温度	11 月: -9.33℃ 12 月: -17.29℃

2.2 簡易モデル

簡易モデルを図 1 に示す。サンルームの室内側にトリプルガラス(Low-E3+Ar16+3+Ar16+Low-E3)、壁面の 3 面を単板ガラス(5mm 厚)に設定する。ガラスの物性値を表 3 に示す。

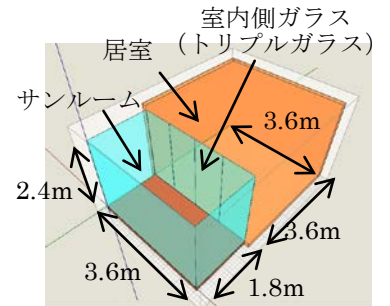


図 1 簡易モデル

表 3 ガラスの物性値

	吸収率(長波)	反射率(長波)	吸収率(短波)	透過率(短波)
トリプルガラス	0.89	0.11	0.309	0.367
単板ガラス	0.89	0.11	0.097	0.829

サンルームの床面は黒色塗装をしたモルタルを想定する。室内表面部材の物性値を表 4 に示す。

表 4 室内表面部材の物性値

	吸収率(長波)	反射率(長波)	吸収率(短波)
モルタル	0.9	0.1	0.7
内装材(杉)	0.9	0.1	0.4

居室の壁・床・天井およびサンルームの天井は同じ表 5 に示す 3 層の構成を想定する。格子数を削減するために、3 層の部材を合成し 1 層とした。比熱・密度・熱伝導率は合成値を用いる。解析領域の境界 6 面は外気層から成る温度固定境界とし、躯体との間は熱伝達率相当の熱抵抗を持つ熱物性を挟む。

表 5 躯体構成

材料	厚み [mm]
内装材(杉)	9
断熱材	120
構造用合板	12

2.3 解析ケース

室内側ガラスを「常にかける」場合と「常に閉める」場合と日中は開けて夜間は閉める「開閉」を行う場合の 3 ケースについて解析する。室内側ガラスの開閉状況を表 6 に示す。

表 6 解析ケース(室内側ガラスの開閉)

常にかける	24 時間
常に閉める	24 時間
開閉させる	0~7 時: 閉める
	7~17 時: 開ける
	17~24 時: 閉める

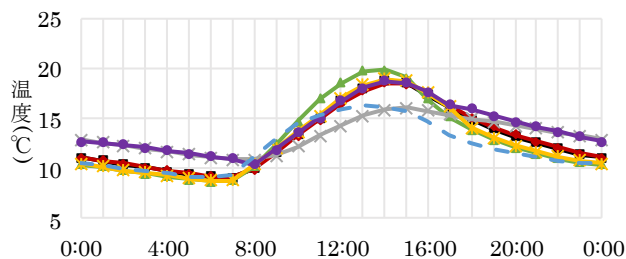
しかし、長期間の CFD 非定常解析は計算時間が大幅にかかるため、計算負荷を減らす必要がある。そこで、「刻み時間 1 分」と、「刻み時間 3 分」の 2 ケースの解析を行い、それぞれの結果を比較する。

2.4 CFD 解析上における開口部の開閉方法

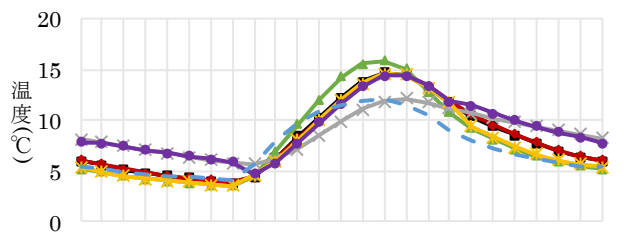
本解析ではガラス面からの放射の影響も加味するため、開口率パラメーターを 0 or 100% で変える方法で開口部の開閉を再現することができない。開口を開けた場合は流体(空気)、閉じた場合については熱物性体で再現する必要がある。こうした機構は、一般には CFD 解析における移動格子機能を利用すれば再現可能と思われる。FlowDesigner には移動格子機能は実装されていないものの、助走計算機能(粗い格子から細かい格子に段階的に切り替える機能)と Grasshopper 上の VB・Python で開閉状態を切り替えて連続実行させるプログラムを組み合わせることで、移動格子機能相当の機能を自作した。

3. 解析結果 3.1 刻み時間 1 分の場合

比較日は 11/22、12/22 とする。サンルームと居室の室内平均温度のグラフを図 2 に示す。助走計算の 2 日目以降は、周期的な温度変化はほぼ変わらない準定常状態となった。11/22 と 12/22 では、12 月の方が室温は全体的に 4~6℃ほど低下するが、ケース毎の傾向はほぼ同じ傾向となった。「常に開ける」場合、サンルームと居室は、昼夜共にほぼ同じ室温となり、夜間は外気温近くまで下降する。「常に閉める」場合、日中のサンルームは他のケースと比較して最も高く、夜間は外気温と同程度まで下がる。居室は「常に開ける」場合と比較して日中は約 2~2.5℃程低く、夜間は外気温+2.5~3℃高く維持される。「開閉させる」は、サンルーム・居室共に、日中は「常に開ける」とほぼ等しく、夜間は「常に閉める」を僅かに下回る時間帯もあるもののかなり近い結果となる。つまり、「開閉させる」ことで、冬期の室温を昼も夜も高めの温度に維持することが可能といえる。



(1) 11月22日



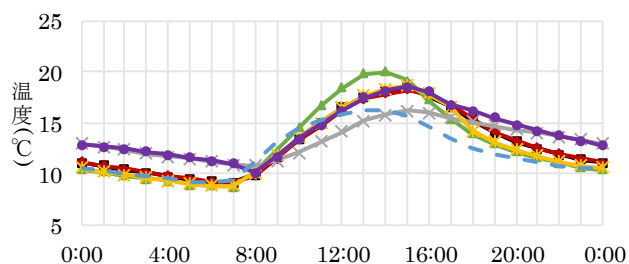
(2) 12月22日

図 2 2室の室内平均温度の推移

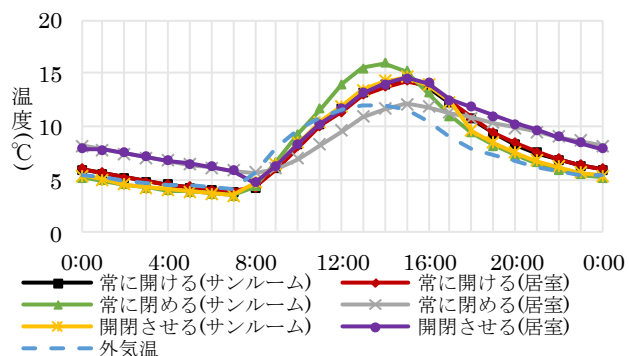
3.2 刻み時間 3 分の場合

比較日は 11/22、12/22 とする。サンルームと居室の室内平均温度のグラフを図 3 に示す。

刻み時間 1 分の場合と比較して、準定常に至るまでの期間は変わらず、また、11/22 と 12/22 それぞれの室温変化もほぼ等しい。局所的には最大で約±0.77℃の差が生じているものの、これは刻み時間間隔の大小に伴う応答速度のずれに起因しているものと見られる。総じて、放射を含めた CFD 非定常解析で自然室温状態を計算する場合に、3 分刻みでも十分な解析が可能であると考えられる。



(1) 11月22日



(2) 12月22日

図 3 2室の室内平均温度の推移

3.3 計算時間の比較

刻み時間 1 分と刻み時間 3 分の計算時間の比較を表 7 に示す。解析時間には約 2.8 倍の差が見られた。

表 7 計算時間の比較

	11月		12月	
	1分刻み	3分刻み	1分刻み	3分刻み
常に開ける	66h47m	30h25m	72h25m	31h40m
常に閉める	132h04m	38h38m	141h20m	38h22m
開閉させる	99h23m	36h47m	96h02m	38h01m
合計	298h04m	105h50m	309h47m	108h03m

4. まとめ

- 1) 冬期においてサンルームの室内側ガラスを日中は開き夜間は閉じることで、隣接する居室の室温を高めに維持できることが確認できた。
- 2) 放射を含めた CFD 非定常解析を行う場合、3 分刻みの場合は 1 分刻みの場合と比べ、解析時間は約 3 割で可能であり、結果はほぼ等しい結果となった。

(河野研究室)