

# 逆解析を用いた開口位置の決定および居室内温度分布の均一化

213-145 保平 直樹

## 1. 背景・目的

逆解析手法の一つに随伴変数法がある。研究室では逆解析を建築設計に適用する方法について開拓を続けている。本研究では、レビ設計室（代表：中川 純）が現在、岩手県盛岡市に改修計画中の戸建住宅を対象に、既往の提案手法を用いて開口位置を決定するとともに、新たに室内の温度分布を均一化することを目的とした逆解析の適用方法を提案する。

## 2. 共通解析条件

本研究では(株)アドバンスドナレッジ研究所の CFD ソフト FlowDesigner2017 を使用。解析条件を表 1 に示す。

表 1 CFD 解析条件

乱流モデル	修正L-Kモデル	流入境界	べき乗則( $\alpha=0.2$ )
離散化	有限体積法	流出境界	自由流出
アルゴリズム	SIMPLEC法	天空面、側面	Free Slip
移流項差分スキーム	QUICK	地物表面	一般化対数則
メッシュ	構造格子		

## 3. 昼光解析を用いた改修案モデルの検証

本研究の対象住宅は別荘としての使用を想定している。現況の住宅は所々が老朽化しており断熱性にも乏しく、大掛かりな改修を予定している。1階の部屋については、大人数が入ることを想定し、既存の間仕切り壁を取り払い広めの空間とし、2階床については一部を除き外し、吹き抜けとする。この吹き抜けにより向上するであろう居室の明るさについて定量的評価を行う。

### 3.1 解析概要

対象住宅の現況モデル（図 1）と改修案モデル（図 2）の昼光率を比較する。現況モデル、改修案モデルおよび周辺街区の簡易モデルを SketchUp で作成する。開口の可視光透過率は 100% とする。（実際の窓ガラスを考えると解析結果に個々の透過率や入射角特性を乗じて考える。）昼光解析には Radiance が組み込まれている DIVA（Grasshopper 上で作動）を使用。

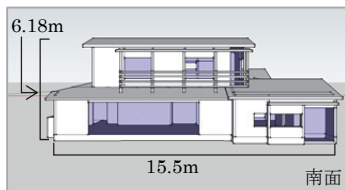


図 1 現況モデル

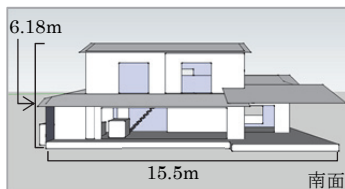


図 2 改修案モデル

### 3.2 解析結果

両モデルの解析結果を図 3、図 4 に示す。平均昼光率は改修案モデルの方が現況モデルに比べ、1階で 1.7 倍、2階で 2.7 倍高い（表 2 参照）。吹き抜けを設けたことにより、改修プランではリビングの奥まったところまで昼光を取り入れることができている（図 3、図 4 参照）。

表 2 平均昼光率

	1階	2階
現況モデル	2.84 %	2.55 %
改修案モデル	4.82 %	6.97 %

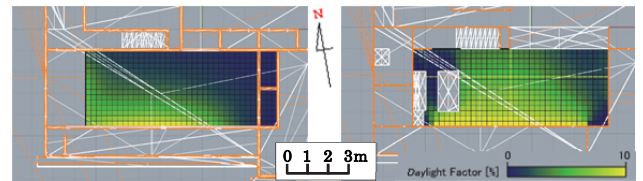


図 3 現況モデル

図 4 改修案モデル

## 4. 1方向ネスティングを用いた通風開口最適化

改修に伴い、2階と1階北面について既存開口位置の変更が考えられる。開口位置を変更するのであれば、夏のリビングの風速を向上させる開口位置が望ましい。逆解析を用いて開口位置の変更について検討する。

### 4.1 解析概要

改修案を元に SketchUp で CFD 解析用の簡易モデルを作成した。開口移設可能部を全て開口率設定面とし、初期開口率を 10% とし解析を行う。

通風利用を夏期(6月~9月)、7時~24時を通風時間として、過去5年間のアメダスデータをまとめ、平均風向・平均風速を算出した。平均風向は 16 風向を水平 2 方向成分に分けて、それぞれ平均することで算出した。また、全体領域の解析結果の一部を局所領域の境界条件として再度建物近くのみを高解像度で解析を行う一方向ネスティングを用いる（図 5、図 6、図 7 参照）。本研究を進めるにあたりネスティング領域の設定を 8 種類比較したところ、明らかにネスティング内の解析が不自然な収束を示す結果が見られた（図 5）。全体領域とネスティング領域の境界位置は半セルずれるため、領域④~⑧のように気流が左右に分かれる位置をネスティング境界面とすると、僅かな違いからネスティング領域内の収束結果に不自然さが見られた（図省略）。本解析では比較的自然的収束結果がみられた中から領域③を解析に使用する。解析条件を表 3 に示す。

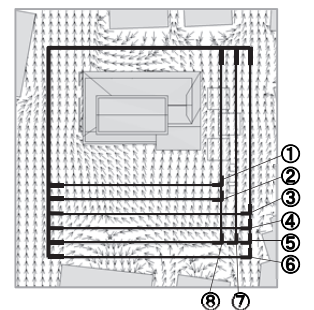


図 5 ネスティング領域

表 3 解析条件

領域	格子数	収束判定
全体	4,587,135 (x:237 y:245 z:79)	10 <sup>-6.0</sup>
ネスティング	4,481,792 (x:224 y:164 z:122)	10 <sup>-5.0</sup>
風向	180.37° (北を 0° としたときの時計回り方向)	
風速	3.05 m/s	
基準高さ	15.5m (盛岡地方気象台)	

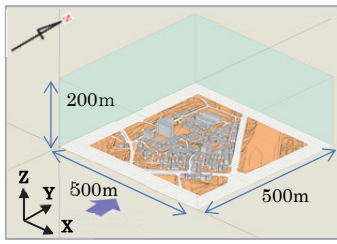


図6 全体領域

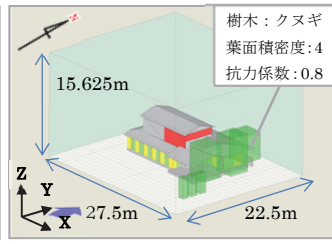


図7 ネスティング領域

#### 4.2 解析結果

解析は1段階目に2階南面、2段階目に1階北面を行った。なお、2段階目の解析のみ QUICK での収束性が難しく、Power を使用した。1階リビングの一部に設けた評価領域 (図 10 参照) 内の風速を増加するために、逆解析を用いて開口率を現状よりも高くすべき優先度を示す開口率感度の分布を算出した (図 8 参照)。この結果を元に移設すべき開口位置を決定した (図 9 参照)。2段階目の改修案モデル開口と移設提案開口の CFD 解析で求めた風速分布を図 10 に示す。

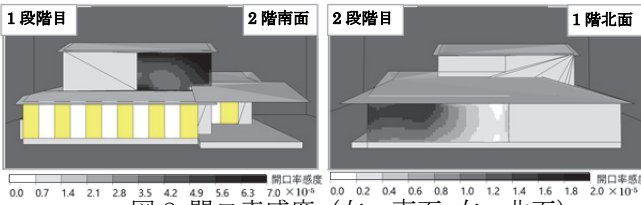


図8 開口率感度 (左: 南面 右: 北面)

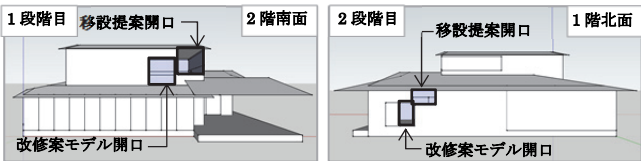


図9 開口決定位置 (左: 南面 右: 北面)

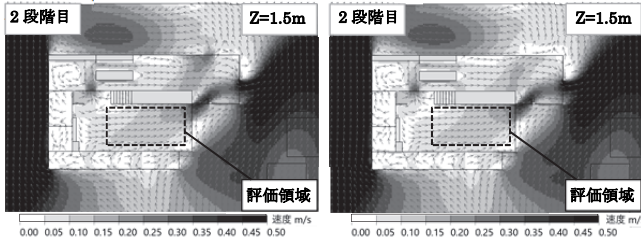


図10 風速分布 (左: 改修案開口時 右: 移設時)

逆解析結果では改修案モデル開口位置で、すでに高い感度が算出されており、逆解析前後での値はほぼ変わらない。2段階目については北面開口を高い位置に移動した結果、下層域を流れる空気が少なくなった。開口から流出する流量は増加したが、評価領域内の風速はほぼ変わらなかった (表 4 参照)。

表 4 解析結果

		評価領域内平均風速	リビングの換気回数
1段階目	改修案開口モデル	0.09 m/s	26.4 回/h
	開口移設モデル	0.11 m/s	27.7 回/h
2段階目	改修案開口モデル	0.11 m/s	27.1 回/h
	開口移設モデル	0.11 m/s	26.8 回/h

#### 5. 逆解析による温度分布の均一化 5.1 解析概要

改修プランのリビングは比較的広く、また天井の一部に吹き抜けを有する。このような空間では室内での温度差が生じやすい。そこで、冬期における居住域の温度分

布すなわち、標準偏差を最小化することを目的とした逆解析について検討する。解析条件を表 5 に示す。1階・2階・1-2階のいずれかに評価領域を設定した 3 ケースの逆解析により、評価領域内の温度を均一に近づけるために寄与する部材の移動方向を位置感度として算出する (図 11)。感度に応じてリビング空間内の 2 階床高さを変えることで温度の均一化を図る。本検討では静穏環境下において逆解析を用いた位置感度の算出が有効足り得るかの検証も目的としている。開口は通風開口最適化の結果を元に決定した。

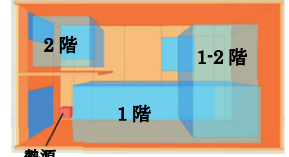


図11 評価領域 3 ケース

表 5 解析条件

解析領域	X:9m Y:4.5m Z:5m
格子数	1,171,296 (x:126 y:83 z:112)
乱流モデル	標準 k-ε モデル
収束判定	10 <sup>-5.0</sup>
外気温	0°C
熱源発熱量	7952.95W

#### 5.3 解析結果

CFD 解析で求めた 2 階床高さを変更する前の室温分布を図 12 に示す。また、例として評価領域を 1 階としたときの逆解析結果を図 13 に示す。

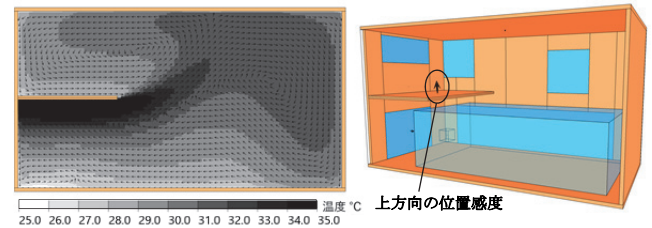


図12 室温分布 (移動無し) 図13 逆解析結果

位置感度に従って 2 階床を移動させた際の評価領域内の標準偏差の大小から温度の均一度を評価する。評価領域の設定ごとの移動前後の標準偏差を表 6 に示す。

表 6 標準偏差まとめ

評価領域	位置感度方向	2階床	標準偏差 [°C]
1階	上	上移動	1.38
		移動無し	1.42
		下移動	1.50
2階	下	上移動	0.57
		移動無し	0.48
1-2階	下	下移動	0.41
		上移動	0.77
		移動無し	0.67
		下移動	0.60

評価領域の設定を異にした 3 ケースの逆解析全てで、位置感度に従って 2 階床を移動させることにより標準偏差が小さくなっており、逆解析の有効性が伺える。

6. まとめ 光解析により吹き抜けによる明るさの効果について示した。通風開口決定時の逆解析では、ネスティング領域設定上の注意点を示した。また、逆解析を用いて室内の温度分布を均一化する方法を提示した。提案手法については今後設計法としての確立を進め、設計の基礎段階からの有効利用を検討したい。(河野研究室)