

1. 背景・目的

2020年に予定される省エネ基準義務化や、2030年における新築物件の過半についてのZEHの達成など、数々の省エネルギー施策が実施される中、建築計画と物理環境面とのバランスがとれた設計が益々重要となる。良好な環境性能となる設計案の見極めは容易ではないが、最適化手法を設計に応用することで、現状の設計案の環境性能をより優れた性能に昇華させることが可能と考えられ、既に一部の実設計では効果的な活用が見られる。

本研究では、レビ設計室（代表：中川 純）が現在、神奈川県横浜市に計画中の戸建住宅（ZEH仕様）を対象に、通風と昼光の最適化を実施する。併せて、設計者が最適化の前提条件をボリュームスタディの段階で決定する設計ツールを開発する。

2. 設計ツール 2.1 設計ツール概要

ZEH仕様の住宅設計において開口部面積は制約を受け易い。本ツールは、設計者自らの使用を想定して開発した。ボリュームスタディの段階で建物全体の断熱性能を示す $U_A$ 値、日射遮蔽性能を示す $\eta_A$ 値が基準値を上回った場合、ユーザーにそのことを知らせ、基準値を下回るように設計することができる。RhinocerosのプラグインであるGrasshopperを使用し設計ツールを作成した。

2.2 実物件への適用

算出条件を表1に示す。

表1 算出条件

気候区分	5 (神奈川県横浜市)			
評価	ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス支援事業			
基準値	$U_A$ 値	0.60		
	$\eta_A$ 値	2.80		
	壁	床	屋根	窓
熱貫流率 [W/m <sup>2</sup> K]	0.321	0.309	0.540	4.910
日射熱取得率 [-]	-	-	-	0.400

本物件では眺望等の理由で南側と東側の開口面積を可能な限り大きく確保させたい。開口の増加は $U_A$ 値・ $\eta_A$ 値の増加につながり易い。上限となる基準値を超えない範囲で東西南北の開口面積を仮決定した。

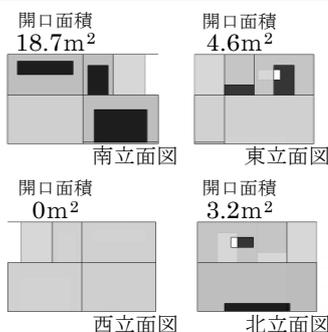


図1 開口設置結果

結果を図1・表2に示す。

表2 算出結果

	$U_A$ 値	冷房期 $\eta_A$ 値	暖房期 $\eta_A$ 値
基準値	0.60	2.80	
計算値	0.599	2.353	2.302
総開口面積	26.435 m <sup>2</sup>		

3. 昼光解析を用いた多目的最適化 3.1 解析概要

床面の昼光率の最大化及び照度分布のばらつき（標準偏差）の最小化を目的関数としたGAによる多目的最適化を実施する。開口位置をパラメーターとし、設計ツールにより決定した開口面積（図1）を維持したまま、壁面上で開口を移動させる。Grasshopperを用い、昼光解析にはDIVA4、多目的最適化にはOctopusを使用した。

3.2 解析結果

十分収束したと思われた世代数40で解析を終了した。パレート解の例として、両極となった標準偏差が最小、平均昼光率が最大となった解析結果を図2に示す。

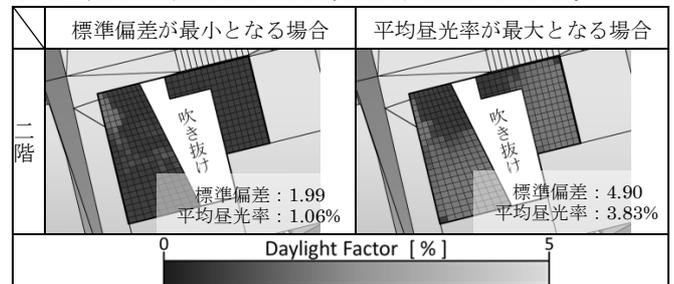


図2 解析結果

図3・4に示す通りパレート解を5分割し、各壁面に開口設置可能範囲を決定し、風解析へ引き継ぐ。

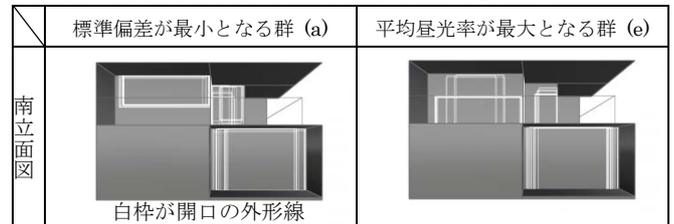


図3 開口分布

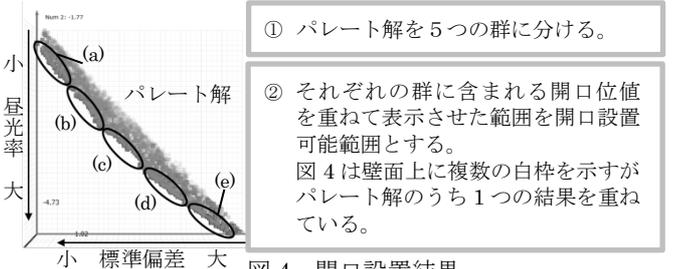


図4 開口設置結果

4. 逆解析（位置感度解析）を用いた通風開口最適化

4.1 解析概要

既報<sup>1)</sup>などでは、開口設置可能な外壁面に開口率を与え、開口率増加が室内風速増加に効果的となる箇所を逆解析により探索し、開口設置位置とした。本報では、外壁上に空気ブロックとして再現した開口自体を逆解析が示す方向に移動させる新たな手法を提案する。CFD解析・逆解析には(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3に示す。

表3 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	1 <sup>st</sup> -order	地物表面	一般化対数則
メッシュ	構造格子		

4.2 簡易形状居室を対象とした基礎検討

基礎検討として簡易モデルを使用し提案手法について検証した。解析条件を表4に示す。

表4 解析条件

解析	格子数	収束判定
CFD解析	811,944 (x:179 y:108 z:42)	$10^{-5.0}$
逆解析		$10^{-4.0}$
風向・風速	西・1.0 m/s (基準高さ: 10 m)	

4.3 基礎検討の解析結果

簡易モデルは、風上風下に1つずつ初期配置となる開口を有する(図5参照)。室内の評価領域内風速を最大化することを目的とし、CFD解析及び逆解析で位置感度を算出する。算出した位置感度通りに開口を移動させ、再度繰り返す。移動パターンとして流入側開口のみ移動・流出側開口のみ移動・両開口同時移動の3通りを行った。開口移動結果の推移を図5に示し、評価領域内風速の比較を図6に示す。どのパターンに関しても評価領域内風速は増加し、逆解析の効果が見られた。

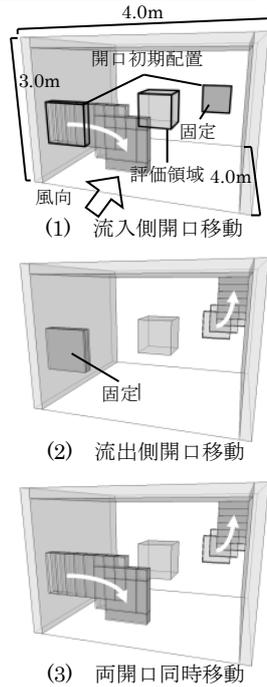


図5 開口の移動推移

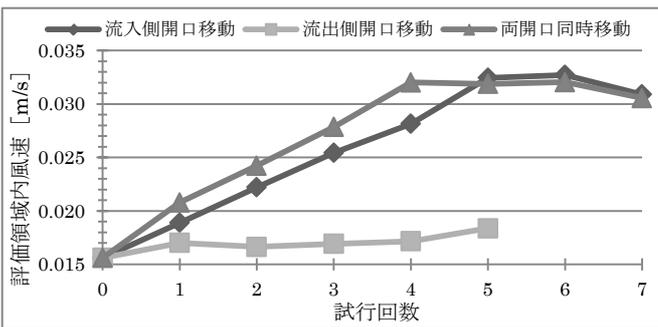


図6 開口の移動パターンによる評価領域内風速の比較

4.4 実住宅への適用

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から、最多風向・平均風速を算出した。解析条件を表5に示す。

表5 解析条件

	格子数	収束判定
全体領域	4,539,600 (x:194 y:195 z:120)	$10^{-5.0}$
ネスティング	1,607,040 (x:124 y:90 z:144)	$10^{-5.0}$
逆解析		$10^{-4.0}$
風向	238.77° (北を0°としたときの時計回り方向)	
風速	3.47 m/s (基準高さ: 19.8 m (横浜地方気象台))	

ネスティングを用いて CFD 解析・逆解析を行う。開口設置可能範囲については昼光解析で算出されたパレート解の各群を範囲とする(図3の白枠が重なる範囲)。ただし、最適化のパレート解のうち標準偏差の最小化を重視した解は昼光率が低くなりすぎるため、南側開口については一律、最適化で昼光率が最大となった開口を設置可能範囲とした。開口の初期配置は各壁面の設置可能範囲の中心とし、この範囲内で開口を0.1m刻みで移動させる。開口は全て引違とし、開口面積を半分としたモデルで最適化を行った。

4.5 解析結果

開口の移動推移を図7に示し、評価領域内風速の変化を図8に示す。矢印の始点は、開口初期配置の中心を示し、終点は最適解を示す。

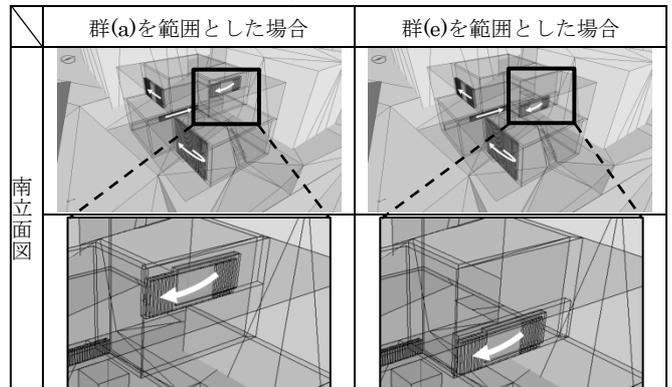


図7 開口の移動推移

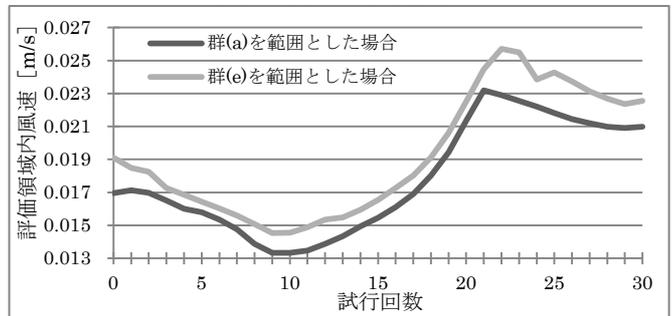


図8 逆解析の試行回数による評価領域内風速の変化

標準偏差が最小となる群(a)、平均昼光率が最大となる群(e)を開口設置可能範囲とした場合、いずれも室中心に設置した評価領域内の風速は増加し、逆解析の効果が見られた。群(a)は試行回数21、群(e)は試行回数22で最大風速となり、これを最適解とし開口位置を決定した。

5. まとめ

$U_A$ 値・ $\eta_A$ 値を考慮した設計ツールを開発した。開口移動と連動する昼光解析を用いた多目的最適化による開口位置の決定手法を提案した。また、逆解析を用いた新たな通風開口決定法を提案した。本報では、これら全てを実設計に適用した。提案手法については今後、設計法としての確立を進めていく。

参考文献

1) 福本拓人, 河野良坪, 中川純, 長谷川翔也 「逆解析を用いた通風用開口位置の決定および居室内温度分布の均一化」 日本建築学会大会, P.1085~1086, 2017年7月 (河野研究室)