

メタヒューリスティクスを用いた熱的性能を考慮した住宅の形状最適化

研究背景

- 建築ハード面でのパッシブ設計による省エネルギー化が求められており、建物の向きや室配置などがエネルギー消費量に大きな影響を与えることは広く認知されている。
- 影響度を判断するには熱負荷シミュレーションが不可欠である一方で、実際の設計では設計者の経験によって建物形状等が決定される傾向にある。

研究目的

- 熱負荷計算を組込んだ住宅全体の形状最適化の例は少なく、コンセプト段階における形状提案手法の提案では戸建て住宅の形状に応用することは困難である。
- 現実的な室要素および形状を想定し、戸建て住宅設計において熱負荷及び日射による昼光利用を含めた包括的な最適設計手法の提案を目指す。

最適化手法

- Energy Plus 及び Radiance を用いたシミュレーションをもとに建物形状の性能を判定し、メタヒューリスティクスのひとつである ϵ 制約付き Difference Evolution with Random Jumping を Matlab 上で実行し、最も性能のよい建物形状を探索する。(図1)

ケーススタディ

- 表1にあるような構成要素をもつ、4人家族用の戸建て住宅を想定する。
- 東京都千代田区大手町にある東西10 m南北20 mの平地を敷地とし、熱負荷シミュレーションに影響するような建築物などは周辺にないと仮定する。
- 在室率、窓面積率などはIBECが公開している基準を参照した。

表1 建物の構成要素

室名	寸法 [m]	空調温度 (冷房/暖房)	冷房時湿度設定
居間	3.6 × 4.5	27 °C / 22 °C	50%
食堂	2.7 × 3.6	27 °C / 22 °C	50%
台所	2.7 × 3.6	27 °C / 22 °C	50%
主寝室	3.6 × 3.6	27 °C / 22 °C	50%
洋室A	2.7 × 3.6	27 °C / 22 °C	50%
洋室B	2.7 × 3.6	27 °C / 22 °C	50%
和室	2.7 × 3.6	なし	なし
玄関	2.7 × 2.7	なし	なし
階段	2.7 × 2.7	なし	なし
風呂	1.8 × 3.6	なし	なし
納戸	2.7 × 2.7	なし	なし
トイレA	0.9 × 1.8	なし	なし
トイレB	0.9 × 1.8	なし	なし



図1 最適化フローイメージ

メタヒューリスティクスを用いた熱的性能を考慮した住宅の形状最適化

住宅モデル

- 操作変数: 室の配置順序(変数 p)、室の回転の有無(v)
- 図2に示すように、室配置を変化させることで最適配置を探索する。

計算条件

- 目的関数 J は熱負荷をもとに以下のように定める。

$$\text{minimize } J = \sum Q_c + \sum Q_h$$

$\sum Q_c$ は年間の冷房負荷 [GJ]

$\sum Q_h$ は年間の暖房負荷 [GJ]

- 制約条件: 敷地内に建設、建蔽率40%以下
- 敷地形状に関連して、制約条件を以下のように ϕ_1 と ϕ_2 で定式化し、その和 ϕ を制約逸脱度とする。

$$\phi_1 = \begin{cases} 0 & \text{if } L_x \leq 10 \text{ and } L_y \leq 20 \\ |(L_x - 10)(L_y - 20)| & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\phi_2 = \begin{cases} 0 & \text{if } A \leq 80 \\ A - 80 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\phi = \phi_1 + \phi_2$$

L_x : 住宅の東西方向の長さ [m]

L_y : 住宅の南北方向の長さ [m]

A : 建築面積 [m²]

結果

- 空調が必要な室の多くは北西側に配置された。(図3)
- 風呂と台所が二階にあるが、一階の該当の位置には部屋がなく、ピロティ空間を作っている。

部屋	玄関	居間	食堂	...	トイレB					
変数	0.2	0.4	0.2	0.1	0.8	0.7	0.7	0.8
v										
p										

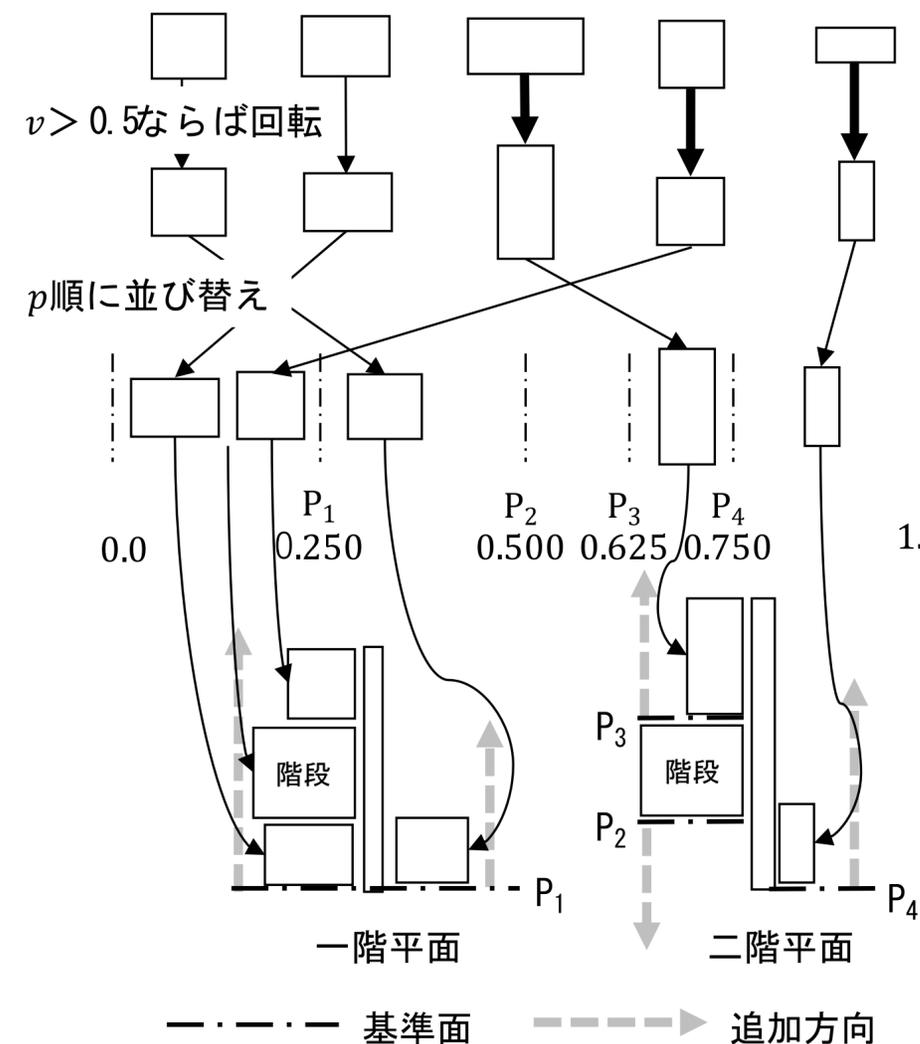


図2 変数と住宅形状の関係

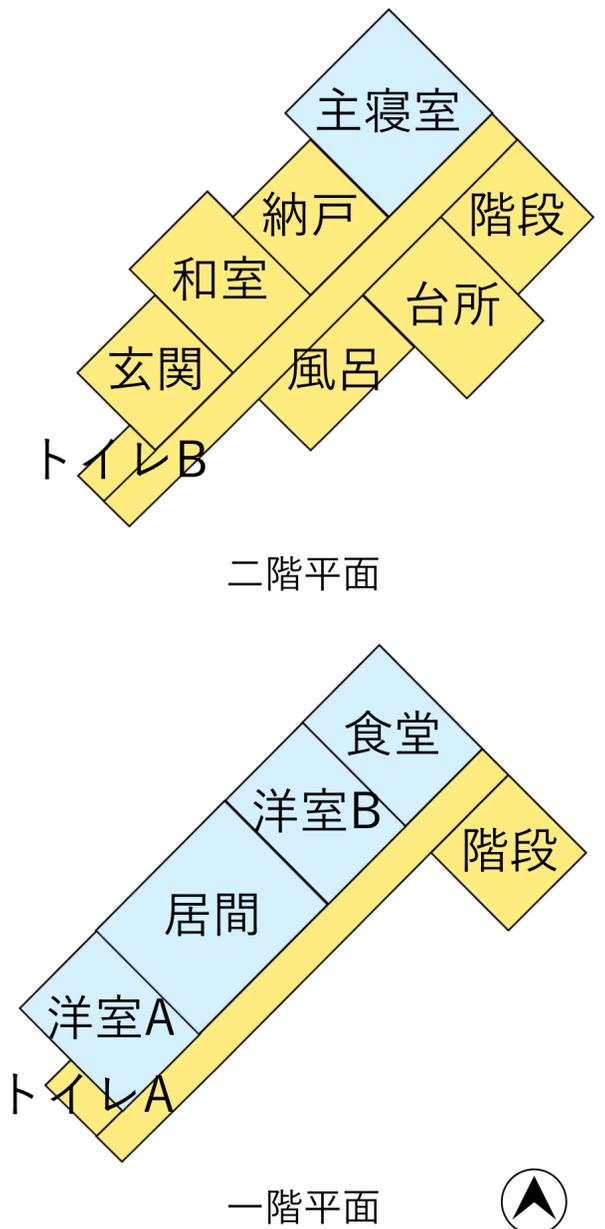


図3 最適化結果