

建築物におけるバイオミミクリーの適用可能性とその効果 サボテンの形状を模擬した事務所建築における数値シミュレーション

The Applicability of Biomimicry in Buildings and its Effects Numerical Simulation of Cactus-Shaped Office Buildings

光山 武宏*, 三田村 輝章**
Takehiro KOYAMA, Teruaki MITAMURA

keywords : Biomimicry, Simulation, Thermal environment, Cactus, Cooling and heating load
バイオミミクリー, シミュレーション, 温熱環境, サボテン, 冷暖房負荷

1. はじめに

自然界の生物は何億年もの時間をかけ、地球上での生存競争を勝ち抜いてきた。そこには人間の想像を超えた知恵が隠れている。これを工学などに応用する試みは“バイオミミクリー”などと呼ばれ、様々な分野で研究されている。代表的なものにヤモリを参考にした接着剤のいない粘着テープや、カタツムリの殻をもとに開発されたセルフクリーニング素材などがある。しかし、建築分野において応用された事例は少なく、実際に建築された建物はわずかであり、有名な事例としてイーストゲートセンターがある。これはシロアリが作り上げる煙突状の構造物が自然の力で換気を行う仕組みを模倣し、冷房負荷を大幅に削減した建物であり、これについては既にシミュレーションなどによる先行研究が行われている。

本研究では、サボテンの形状と呼吸の仕組みとしての夜間換気を建築に適用し、その効果をシミュレーションで検証することを目的とする。サボテンは乾燥地域に生息し、その敵のある形状や特殊な光合成により、体温の上昇と水分の欠乏を防いでいると言われる²⁾。

2. 計算概要

2.1 計算モデル

図1に計算モデルの外観、図2に平面図を示す。モデルは8階建ての事務所ビルを想定する。平面形状は実際のサボテンを参考に丸形と星形の3種類を設計し、これらを一般的な正方形平面のモデルと比較する。表1に計算モデルの概要を示す。各Caseにおいて壁などの構造や窓の種類、大きさは文献³⁾を参照し、一般的な仕様とする。内部の発熱は、OA機器の発熱を30W/m²、照明を20W/m²、人体からの発熱を130W/人(人数は0.2人/m²)とする。空調は冷房を28℃、暖房を21℃として設定し、換気は5 m³/(h・m²)で行う。これらはすべて8~18時の間でのみ稼働する³⁾。形状は異なるが、Case0を基準として、Case1~3は床面積を、Case4~6は外皮面積をCase間でほぼ同一となるよう設定している。また各モデルについて夜間換気を設定した条件についても検討を行う。夜間換気は換気量を50 m³/(h・m²)、稼働時間を18~8時とする。

2.2 計算ソフト

計算はシステムシミュレーションツールTRNSYS18を用いて行う。屋外の気象条件には東京都の拡張アメダス気象データの標準年を用いる。計算期間は1年間、計算間隔は1時間、計算項目は室内温度と冷暖房負荷とする。

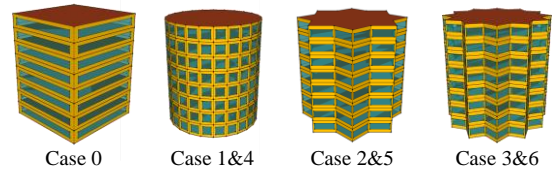


図1 計算モデルの外観

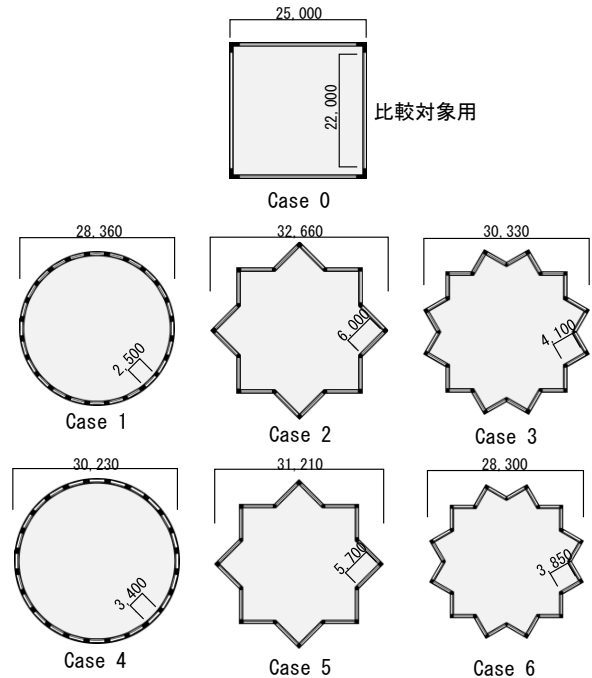


図2 平面図

表1 計算モデルの概要

名称	一階面積 m ²	延床面積 m ²	容積 m ³	外皮面積 m ²	合計窓面積 m ²	気積率
Case 0	625.00	5000.00	20000.00	4450.00	1408.00	0.22
Case 1	626.26	5010.07	20040.29	4091.60	1249.20	0.20
Case 2	625.16	5001.30	20005.22	4718.80	1526.13	0.24
Case 3	624.90	4999.17	19996.67	4859.60	1588.32	0.24
Case 4	708.16	5665.28	22661.12	4443.70	1332.05	0.20
Case 5	572.21	4577.66	18310.66	4458.60	1458.24	0.24
Case 6	543.30	4346.43	17385.73	4446.20	1478.22	0.26

* 前橋工科大学大学院・工学研究科 博士前期課程
Master's Program, Graduate School of Engineering, Maebashi Institute of Technology

** 前橋工科大学・工学部 准教授・博士(工学)
Assoc. Prof., Faculty of Engineering, Maebashi Institute of Technology, Dr. Eng.

3. 計算結果

3.1 気積率と室内温度の関係

図3に気積率と室内温度の関係を示す。気積率とは、外皮面積を容積で除した値である。正方形と比較して、円形は気積率が小さく、星形は大きくなる傾向にある。温度と気積率の間には強い相関関係が確認された。気積率が大きいほど最高温度は高く、最低温度は低くなっている。気積率の大きい建物は外皮の表面積が大きく、熱取得と熱損失が大きくなるため、室温の変動が大きくなり、逆に気積率の小さい建物は室温の変動が小さくなったと推測される。

図4に気積率と冷暖房負荷の関係を示す。気積率が大きくなるほど冷房負荷は減少し、暖房負荷は増加している。冷暖房負荷も室内温度と同様に気積率との強い相関関係が見られた。気積率の大きい建物は熱が逃げやすく、逆に気積率の小さい建物は熱が逃げにくいと考えられる。自然界の動物においても、これと同様の規則性は確認されており、寒冷地の動物は温暖地に住む同種の動物よりも体積が大きくなる(ベルクマンの規則)。すなわち寒冷地の動物は気積率が小さくなるように進化してきたということである。この規則を建築に応用できるとするならば、Case1やCase4のような気積率の小さい建物は寒冷地に、Case3やCase6のような気積率の大きい建物は温暖地に配置することで、寒冷地では暖房負荷を、温暖地では冷房負荷を削減できる可能性がある。

3.2 冷房負荷の比較

図5に年間の冷房負荷を示す。ここでは、暖房負荷は各モデルにおいて微小であったため、冷房負荷のみを比較する。いずれのモデルにおいても、4階の熱負荷が最も高くなった。1階は地盤に、8階は屋根から熱が逃げやすいため、中間階である4階が最も熱負荷が高くなったものと思われる。なお、夜間換気による冷房負荷の削減率は平均して97.5%程度であった。これと気積率との相関係数は1・4・8階においてそれぞれ0.48、-0.47、0.26であり、形状が削減率の大小に影響を与えるとは考えにくい。

4. まとめ

本報ではサボテンの形状と呼吸の仕組みを模倣し、それを建築に適用した際の効果を検証した。その結果からは、サボテンを模倣した建築物に特筆すべき性能があると結論付けるには時期尚早である。しかしながら、気積率と室内温度・熱負荷の関係から、省エネルギーという観点においては、寒冷地には気積率の小さい円形平面の建物が、温暖地には気積率の大きい星形平面の建物が適している可能性がある。

今後はサボテンの持つ棘や、光合成に用いる光の量を制御する仕組みを建築に適用し、その効果を検証していく予定である。加えて、サボテンの形状についても、本報の手法と類似した"Self-Shading Wall"という概念が存在するため、これについてもシミュレーションや実験を行っていく。また、気象条件については寒冷地や温暖地のほか、サボテンの原産地である乾燥地域や高原地帯についても検討していく。

参考文献

- 1) アミーナ・カーン著、松浦俊輔訳：生物模倣—自然界に学ぶイノベーションの現場から、pp.161-214、2018年5月
- 2) Göran Pohl, Werner Nachtigall：Biomimetics for Architecture & Design, pp.242-243、2015
- 3) 設計用最大熱負荷計算法改訂小委員会：試して学ぶ熱負荷HASPEE～新最大熱負荷計算法～、p.99、2012年10月

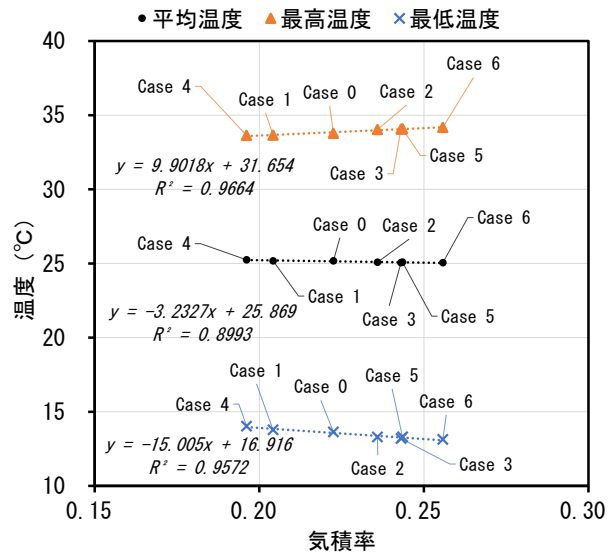


図3 気積率と室内温度の関係 (8階)

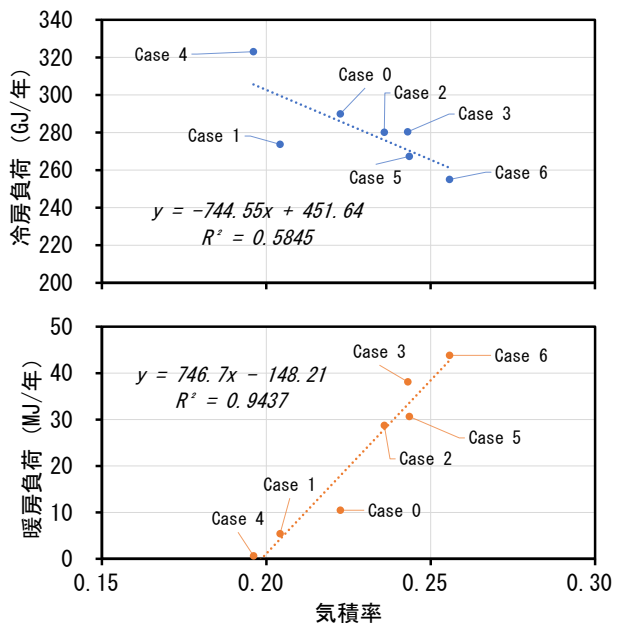


図4 気積率と熱負荷の関係 (8階)

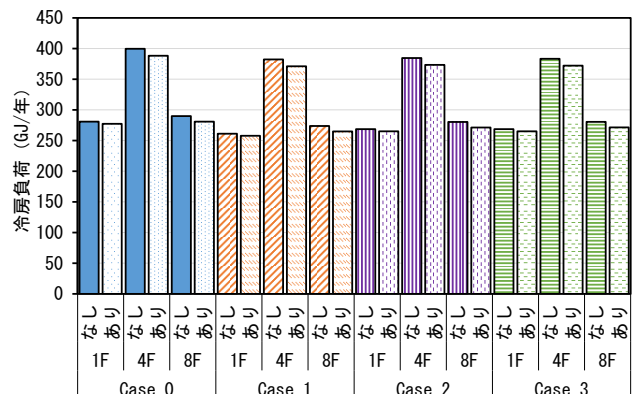


図5 年間の冷房負荷の比較