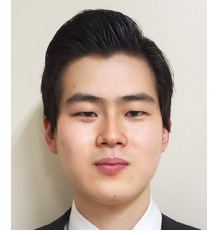


ヴァナキュラー建築によるパッシブシステム

― バードギール（採風塔）における研究事例 ―



DZ17242 濱口 颯太

Keywords

ヴァナキュラー建築 バードギール パッシブデザイン
旋回流 空気寿命

1. 研究背景と目的

今回対象建築物としたバードギールのあるイランの中央部に位置するヤズドは、周囲に砂漠があり、非常に乾燥している。雨は冬から春にかけて降るが、年間の降水量はわずか20～100mmであるため水が極めて貴重である。生活に必要な水を確保するため、南西にあるザグロス山脈からカナートと呼ばれる地下水路をつくって水をひいている。山の麓から縦穴を掘り、それを横穴でつなぎ街まで地下水路をつなげる。ヤズドの街は、このカナートに沿って建物がつくられ、発展した都市である。また、地下水路を通して引いてきた水を蓄えるため、貯水槽をつくり水波み場として利用している。また、水の蒸発と汚染を防ぐドームで保護されており、採風塔が貯水槽に涼しい風を送ることで、ドーム内での結露を防いだ。そして採風塔は上空の風を取り込む役割や、上空を吹き抜ける強い風の力を吸引力として使い、地表面から建物内に風を取り込む役割も持つ。地上にため池や樹木があることで、水の水蒸気で低い温度となった水面や樹陰を利用した冷気の取り込みにより室内に涼しい空気を送り込んでいる。さらに、バードギールの側面に当たる日射熱により塔内で起こる上昇気流の効果を合わせている。このようにバードギールは吸気と排気の役割を備えている。

バードギールは換気システムとして様々な用途で用いられていることが分かり、機械を使うことなく自然エネルギーを上手く利用し、エネルギー消費をしない本建築を気流解析しパッシブデザインのヒントとなるものをCFDの解析の元探究することにする。

2. 手法

2.1 対象建築物の選定

B・ルドフスキー著である「建築家なしの建築」を参考に、ペルシャ湾周辺の地域にみられるバードギール(bad-gir:ペルシア語)を対象の建築物とした。日本では採風塔と呼ばれている。いわゆるヴァナキュラー建築と呼ばれるものであるが、気候や立地、そこに住む人々の活動といった風土に応じて造られるものである。バードギールのある地域では、砂漠が非常に多いので砂

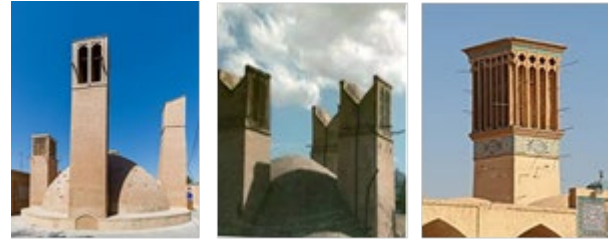


写真1 バードギールの種類

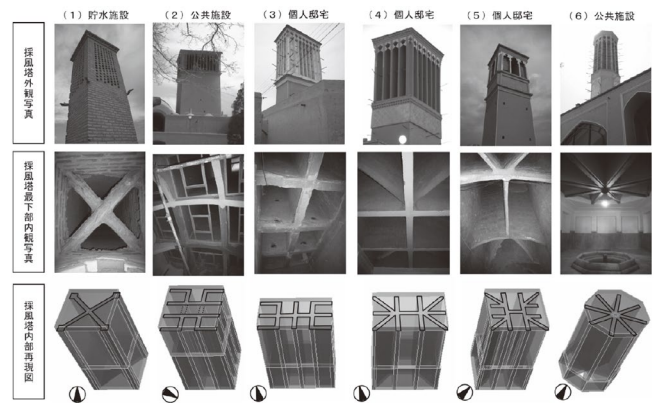


写真2 バードギールの例

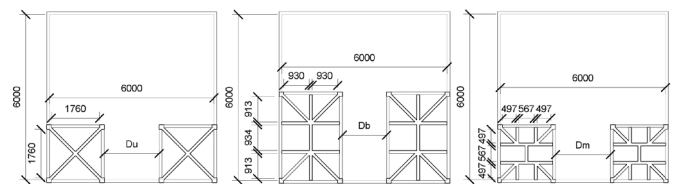


図1 モデリングのパターン(上から見た断面図)



図2 バードギールの立面図

(左からnormal、cross、comと名付ける)

風や日差しが非常に強い問題点があるため窓が少ない。そのため、室内を換気するために採風塔を立て、そこから風を取り入れ、同時に排気を行えるシステムが作り出されている。本研究ではこの採風塔の換気システムに注目した。この採風塔には、3種類ありUnidirection(一方向)、Bidirection(双方向)、Multidirection(多方向)が存在する。(写真1)また、それぞれの断面の取り方にパターンが存在していることも分かった。(写真2)

今回は3つの採風塔(図1)をモデリングし、3種類の方向と採風塔間の距離(4段階)や風向などを変え、様々な条件下で解析を行った。その際、共通項目として採風塔下部の空間を内法で6000mm×6000mmで、高さは2700mmとし、採風塔の高さは27000mmとした(図2)。図1と図2のモデルを左からnormal、cross、comと名付ける。下部の空間は居住空間を表している。壁や床、天井の厚みは共通として100mmで設定している。取得できた情報に基づきモデリングをしたが、資料が無い部分は個人の解釈で設定した。また、採風塔間の距離によって、気流の性状が変わると考えられるため、採風塔間の距離をDxとする(xにはUnidirectionalのu、Bidirectionalのb、Multidirectionalのmがはいる: Du Db Dm)。そして、Du=2000、Db=1600、Dm=2000(この時D=1とする)から始まり、2000ずつ増えていきD=4すなわちD=8000、Db=7600、Dm=8000仮設して解析を行った。

2.2 解析手法

対象の建築物をモデリングするソフトとしてAutodesk社のRevitを用いて作り、エクスポートでSTLに変換する。気流解析ソフトとして、CFD(Computation Fluid Dynamic)を用いてモデリングしたSTLをインポートして解析を行う。

3. 解析結果

3.1 採風塔間の距離における違い

図3と図4がD=1とD=4のY=1050mm時の気流結果である。Xminから風速6m/sの風を吹き、採風塔間の距離D=1からD=4まで異なる距離を解析した結果、距離によって採風塔の吸気と排気に影響が現れることが分かった。比較してみると、図4は右採風塔の左開口部では吸気がよく行われているが図3では排気となっている。図5と図6はD=1(2000mm)とD=4(8000mm)のそれぞれの右採風塔の左開口部100mm手前のX軸での気流であるが、D=1の場合は、開口部に旋回流が多く重なっていることが分かる。それに比べてD=4の場合は旋回流があまり重なっていない。その結果、D=1は、旋回流の影響によりそれぞれ排気となり、D=4は、採風塔間の距離が十分にとら

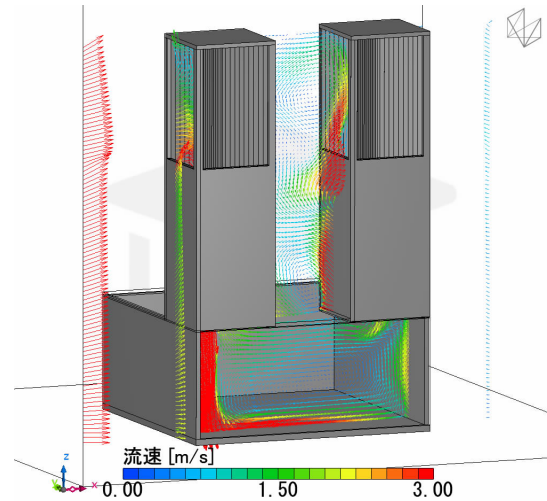


図3 D=1時のY=1050mm軸の気流

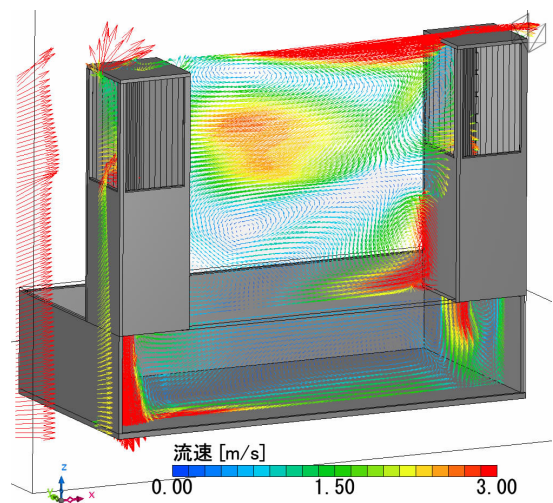


図4 D=4時のY=1050mm軸の気流

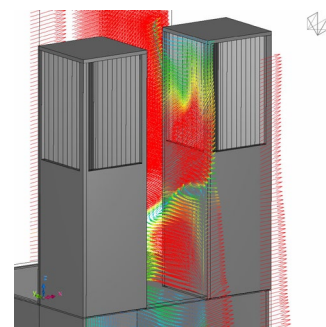


図5 D=1時の右採風塔の左開口部手前のX軸での気流

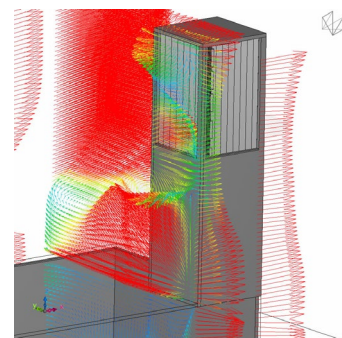


図6 D=4時の右採風塔の左開口部手前のX軸での気流

れていることにより、開口部に旋回流の重なりが少ないため、影響が少なく、右採風塔の左側は吸気なっていると考えられる。つまり開口部にかかった旋回流が開口部内の気流を引っ張っていると考えられる。これらの解析結果に伴い、旋回流の影響を受けにくいD=3(6000mm)とD=4(8000mm)効率よく換気されていると分かり、換気効率には採風塔の距離が重要と言える。

3.2 一方向、双方向、多方向の違い

モデリングした一方向(Unidirectional)、双方向(Bidirectional)、多方向(Multidirectional)はそれぞれ採風塔の開口部の有無が異なるので、Xmin面から風速6m/s吹かした条件で解析しそれぞれの特徴を考察してみた。

図7~9はZ=1600mmでの空気寿命を表している。空気寿命とは空気齢と空気余命を合わせたもので、給気口や窓などから入ってきた空気(空気齢)が室内のある場所を通過して排気口などから排出される(空気余命)までにかかる時間のことで、値が小さい程よい。それぞれを比較してみると、多方向(Multidirection)の場合、南壁側の空気寿命が大きいですが、一方向(Unidirection)と双方向(Bidirection)は小さい値となっている。一方向と双方向の塔の開口部は、東西方向のみであるため、気流が南壁を伝うためであると考えられる。特に一方向は開口部が左端と右端の二つしかないため、空気の粘性に従って気流が南壁を通り排気されている様子が分かる(図7)一方で、多方向の場合、南北方向にも開口部があるため南北方向にも気流の流れが生じる。図10はZ=1600mmでの多方向の空気齢を表しており、多方向の右塔の北部分に吸気されている様子が伺える。

一方で、一方向と双方向では開口部がないため吸気されない。また、それぞれの空気余命には特色する点がないため、多方向の右塔の北部分の空気寿命が小さくなると考えられる。

以上のことから、多方向1の場合、南北方向にも開口部があることにより居住空間全体が換気されるが、直線にのみ開口部が存在する場合は、換気に偏りが出来てしまうことが分かった。

3.3 normal、cross、comの違い

モデルのnormal、cross、comは共通の条件で、D=3またMultidirectionalとしている。図11~13はY=1000mm軸の空気寿命を表している。

注目すべき点は、図11と図13のnormalとcomでは、真ん中上部付近の空気寿命が高くなっているが、図12のcrossではそれが見受けられない。これらの差は採風塔の間仕切壁の違いから生じるのではないかと考えた。

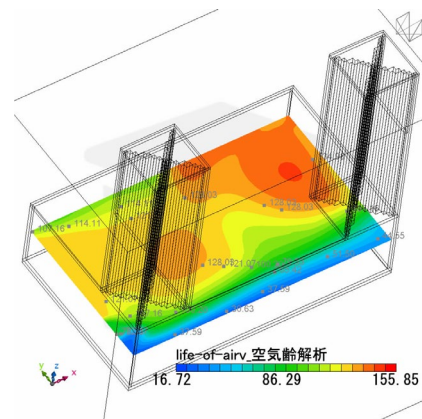


図7 Unidirectionの空気寿命

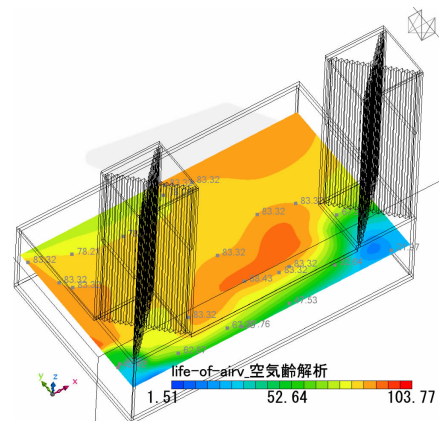


図8 Bidirectionの空気寿命

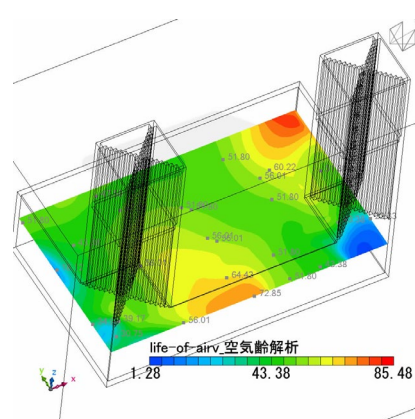


図9 Multidirectionの空気寿命

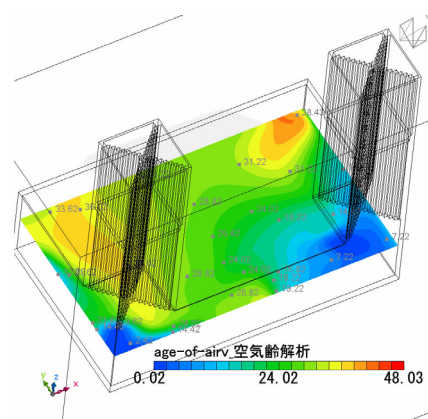


図10 Multidirectionalの空気齢

図11と図13のnormalとcomのY=1000の軸は風向きに対して間仕切壁に直角方向に気流がぶつかるが、図12のcrossは斜めにぶつかる。なのでこれらの差を分析した。図14はcrossでのY=500mm(赤い気流)と1500mm(白い気流)軸を表している。これらの間仕切壁に当たった気流の動きであり、白い気流は直角方向の間仕切壁であり、赤い気流は斜め方向の間仕切壁にぶつかった気流である。図14は居住空間におけるY=500mmと1500mm軸の気流の比較を表しているが、白い気流の直角の間仕切壁の方は垂直方向に気流が動き、赤い気流の斜めの間仕切壁は右下方向に流れているのが分かる。また、右下方向に流れた後、さらに右上方向に気流に方向が向いていることが分かる。

しかし、白い気流はそれが見られずただ床面を沿って進んでいる。なので、間仕切壁が斜めの方が室内全体に空気が流れていっていると考えられる。

これらの結果から、図11~13のnormal、cross、comでcrossの居住空間の上部の空気寿命が小さい理由は、斜めの間仕切壁を通ってきたので、居住空間の上部まで気流がいき、換気されているからであることが分かる。これらより、斜めの間仕切壁を有効に使うと室内の上部まで換気されることが言えるのではないかと。

4. 結果

今回はバードギールの気流解析を行いパッシブデザインのヒントとなるものを探した。解析の結果から3つの特徴を見つけることが出来た。一つ目は、採風塔間の距離である。距離が近すぎると、採風塔間で生じる旋回流の影響で効率よく換気が行えていないことが分かった。なので距離が重要である。

二つ目は、開口部が上下左右空いている多方向が換気に偏りがなく空気寿命が小さい。よって、開口部が上下左右あるほうが室内の換気がまんべんなくされる。

三つ目は風向きに対して垂直方向の間仕切壁よりは、斜め方向の間仕切壁が、居住空間に気流が入って行くとき上部までいきわたるので空気寿命が小さくなる。

これらの要素を利用することで自然エネルギーを上手く使いエネルギー消費の削減に努めることが出来るのではないかと、考察される。

参考文献

- 1) 建築家なしの建築 B・ルドフスキー
- 2) 日本建築学会環境系論文集 第75巻 第657号 961-967 2010年11月
- 3) <https://www.daiwahouse.com/sustainable/eco/column/world/iran.html>

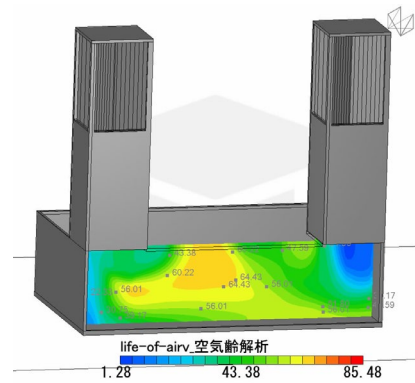


図11 Y=1000mm軸の空気寿命

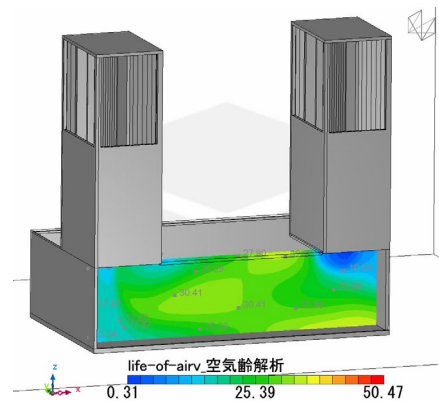


図12 Y=1000mm 軸の空気寿命

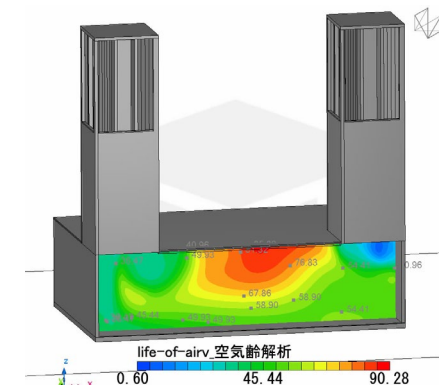


図13 Y=1000mm 軸の空気寿命

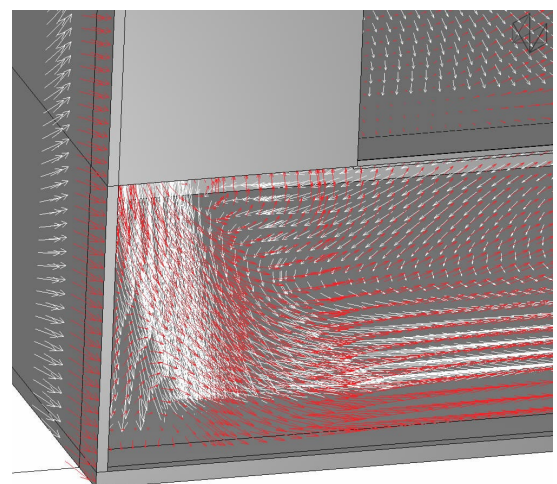


図14 Y=500mm(赤い気流)と1500mm(白い気流)の軸