

『どパッシブな建築』を コンピューショナルにデザインする

川島 範久 (東京工業大学大学院助教、ARTENVARCH 共同主宰)

■なぜ『どパッシブ』を『コンピューショナル』に？

365日24時間変化し続ける「自然」を思いっきり取り込む『どパッシブ』な建築。そのような建築の「変化」は、人間に気づきを与え、行動・ライフスタイルを変化させ、それが再び建築を変化させるといったフィードバックを生みます。ICT技術は、設計時のシミュレーション・フィードバックによって、適切な自然の取り込みを可能とし、運用時のセンシング・通知・制御によって、人間がその自然の変化を適切に使いこなすことをサポートします。そのようなコンピューテーションを用いた『どパッシブな建築』のデザインを紹介します。

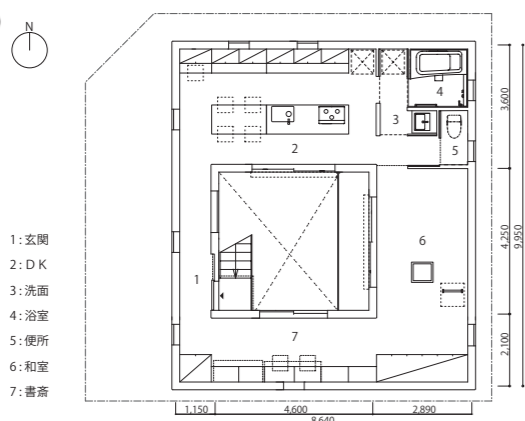
■密集住宅地における『どパッシブ』

『HOUSE BB』^{*1}は、長野に建つ、中年夫婦のための住宅です(図1)。密集住宅街における「環境」を最大限楽しみながら暮らせる家を設計しようと考えました。隣接する住宅群とつく

[図1] HOUSE BB 鳥瞰写真 (Pole Aerial View)



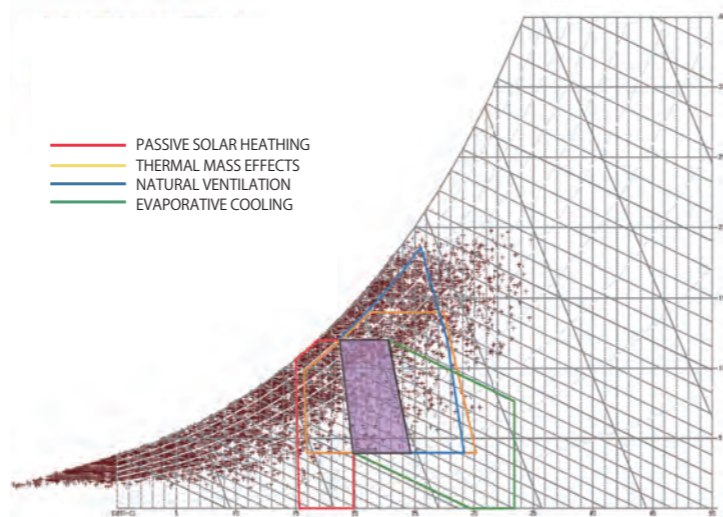
[図2] 平面図 (2階)



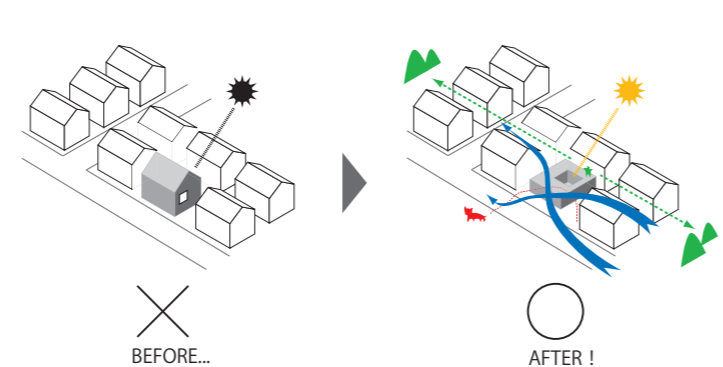
る街区の雰囲気、屋根に上ると眼前に広がる長野盆地の美しい山々、降り注ぐ太陽、通り抜ける風。日々変化するこの密集住宅地の豊かな「環境」全てを、全身で感じながら楽しむことができるような「どパッシブ」な建築。長野盆地に浮かぶ口の字型の一室空間の内外で、二人が互いに好きな距離を取りながら、自然の変化を積極的に楽しみながら生活するような住宅を目指しました(図2)。

しかし、ここでいう「パッシブ」は、ただ自然をありのままに受け入れることではありません。建築をただ開放的につくってしまえば、美しい景色を眺めることはできても、寒々しい温熱環境の中ではそれを楽しむことができません。太陽や風を取り入れることができても、その恩恵のない時間帯には不快になってしまいます。また、隣の敷地に影を落としたり、風を止めてしまったりすることで周りに住むひとを不快にすることもあります。

[図3] 長野市/温度・湿度^{*2}



[図4] コンセプトダイアグラム

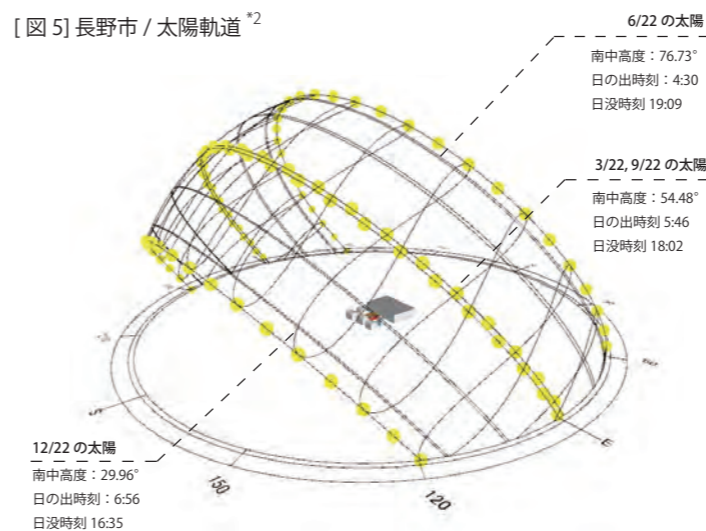


■パッシブ戦略の立案

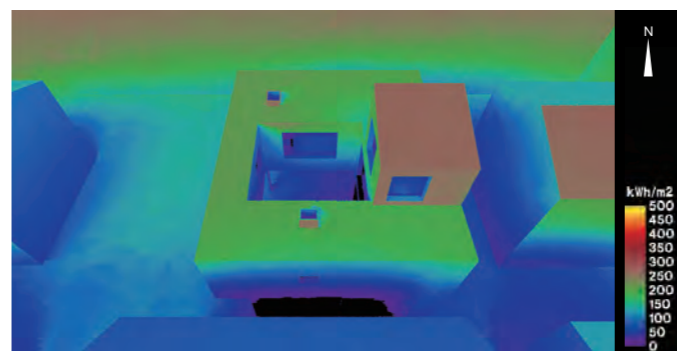
本当の意味で「環境」を楽しむことのできる建築をつくるためには、まずその敷地の環境ポテンシャルを丁寧に読み解く必要があります。長野市は改正省エネ基準の地域区分で言えば3地域と4地域の間位置しますが、この長野市の年間の温度・湿度データを空気線図上にプロットすると、その敷地における適切なパッシブ戦略を立てることができます(図3)。快適時間帯がダイレクトゲイン(日射取得)、自然通風、蓄熱・蓄冷によって増えることがわかると同時に、それでも冬には寒を感じる時間帯が、夏には暑を感じる時間帯が残ることがわかります。そこで、日射や風を十分に取り込めるようにしながらも、適切に断熱・気密・日射制御をする、という方針を立てました。

しかし、密集住宅地において日射と風を取り込むのは容易ではありません。周辺には2階建ての戸建住宅が密集し、北

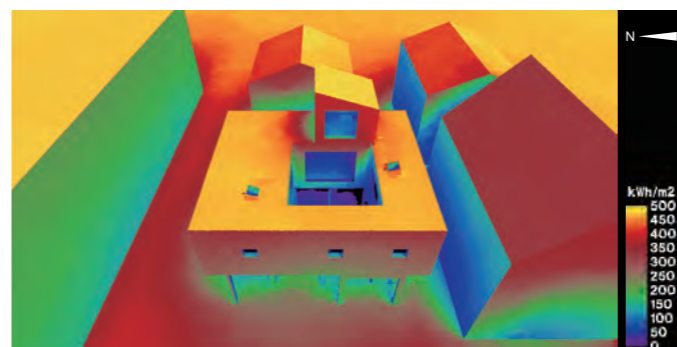
[図5] 長野市/太陽軌道^{*2}



[図6] 冬季 (12/22~3/22) の積算日射量^{*3}



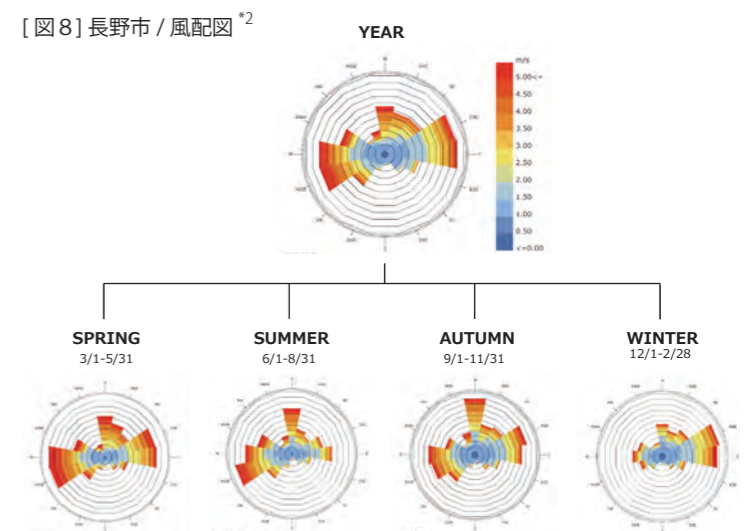
[図7] 夏季 (6/22~9/22) の積算日射量^{*4}



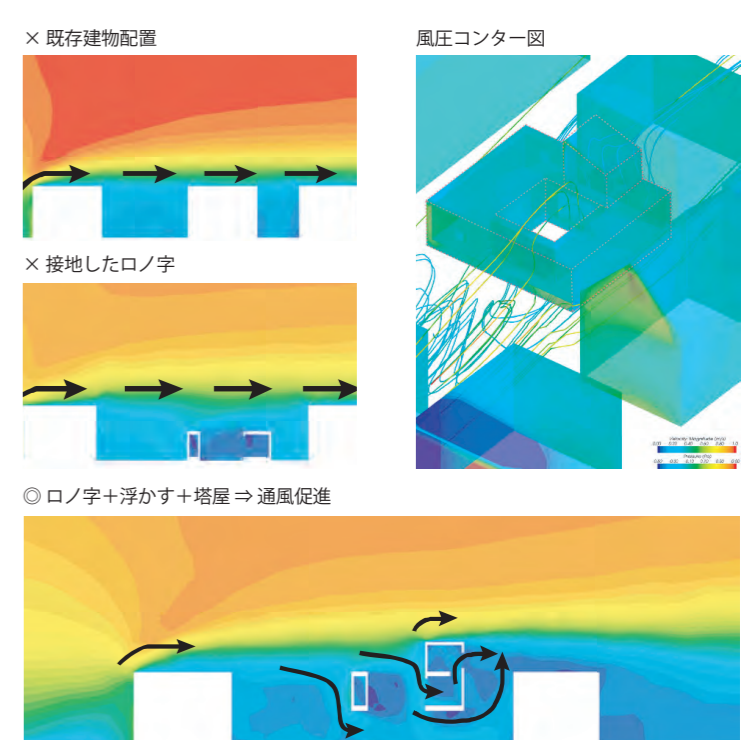
側の細い前面道路を挟んだ向かいには大きな倉庫があります。ここに一般的な住宅を建てたのでは、十分な日照も得ることができず、盆地を囲むせつかくの山並みも望めません。また、1階レベルでは隣家からの圧迫感も感じてしまいます。ただし、現地で屋根の上に登ってみると、その高さからは壮大な眺望が手に入ることがわかりました。そこで、ドーナツのように穴の開いたホワイトキューブを門型フレームで持ち上げるという手法をとることにしました(図4)。

二人で住むための最適な広さ、日射を取り入れるための高さを検討した結果、メインの生活空間を2階にまとめることにしました。1階はピロティ空間にし、眺望を楽しむための塔屋を3階に設け、屋上に出られるようにしました。さらに、ボリュームの真ん中に大きな穴を開け口の字にすることで、隣家が迫る高密度な住宅地においても、プライバシーを守りながら居室により多くの日射や風を取り込めるようにしました。

[図8] 長野市/風配図^{*2}



[図9] 設計段階でのCFD解析 (卓越風向: 西風を想定)



■「開いて、取り込む」ための技術とその解析

ここでもコンピュータによる解析が有効に働きました。年間に変化する太陽の軌道を正確に把握し、敷地にどの時間でどのような角度で日射が差し込むかを詳細に解析し、ボリューム形状を検討しました(図5)。次に、このボリューム形状の各面における積算日射量を計算し、冬季には北側に配置されたダイニング・キッチンにおいて中庭に面する南向きの窓を開けることでプライバシーを守りながら十分な日射量が見込めることを確認しました(図6)。夏季には西側に配置された玄関のボリュームが日射遮蔽として機能するため、東側に配置された和室が西向きに大きな窓を設けることが可能であることがわかりました(図7)。

同時に、風向データを分析し(図8)、密集住宅地では周りの建物の影響で風向が変わるため、現地でも気象観測器を

一定期間設置して実測を行いました。それにより卓越風向は西からであることを把握した上で、CFD(Computational Fluid Dynamics)によって空気の流れをシミュレーションしました。口の字を浮かせて上空に頭を出すように設けられた塔屋は、既存建物配置ではただ上空を流れてしまっていた風をキャッチし、中庭の開口部が主な空気の流入口となり、負圧となる塔屋の開口部(東・南・北)から抜けていくことがわかりました(図9)。卓越風以外の風向でも通風を確保できるよう、口の字の外周にも風の出入口となる小さな開口を設けました。以前は密集した街区内に風が通ることはありませんでしたが、屋上に設けた塔屋と壁のないピロティ空間によって風の道が生まれ、周囲の住宅にも風が通る環境になり、「風通しの良い」近隣環境となりました。

また、同時に昼光利用の効果や視環境の快適性についても

シミュレーションで確認しながら、設計を進めました。日中の床面(机上面)照度を昼光利用だけで十分に確保できるか(図10)、視環境としてグレア等の問題がないか、極端な明るさの偏りが生まれないかといった観点で解析を進めました(図11、12)。

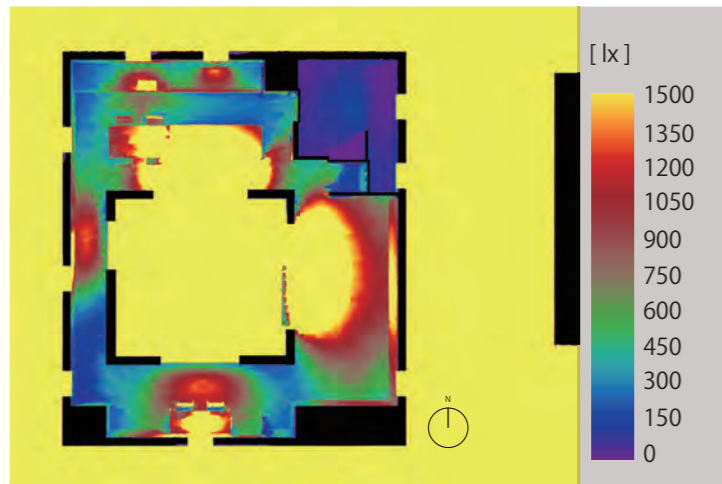
■「閉じて、守る」ための技術とその解析

しかし、この形状は、外皮の表面積が大きく熱的には不利な形状と言えます(図13)。快適で安定した温熱環境を実現するためには、外皮の適切な断熱・気密が必要です。ここでは、CFDを用いた結露シミュレーションを行い(図14)、グラスウールによる充填断熱の外側に高密度グラスウールによる外張り付加断熱を行い、室内側の隅角部にはポリスチレンフォームによる補強断熱を行うこととし、十分な断熱性能の確保だけでなく、壁体内結露のリスクを減らすことを行いま

した。さらに、通気層を設け、軒天と門型フレームの接合部に設けたスリットから外気を取り込み、屋根の排気ボックスから排出する空気の流れをつくり、躯体の耐久性を上げるようにしました。

また、木造はそのままだと熱容量が小さく、日射取得時の温度上昇や日が落ちてからの温度低下が早くなるため、PCM(Phase Change Material: 潜熱蓄熱材)と温水ヒートポンプ熱源による蓄熱式床暖房を導入することで(図15)、冬季の厳しい気候に対しても安定した挙動を示す「重い」性能を実現し、その効果を温度センサーによるモニタリングで確認しました。また、消費エネルギーのモニタリングもを行い、床暖房とエアコンの使用バランスの変更を行うことをユーザーに依頼することで、快適性を維持しながら暖房消費エネルギーを半減させることも実現しました(図16)。

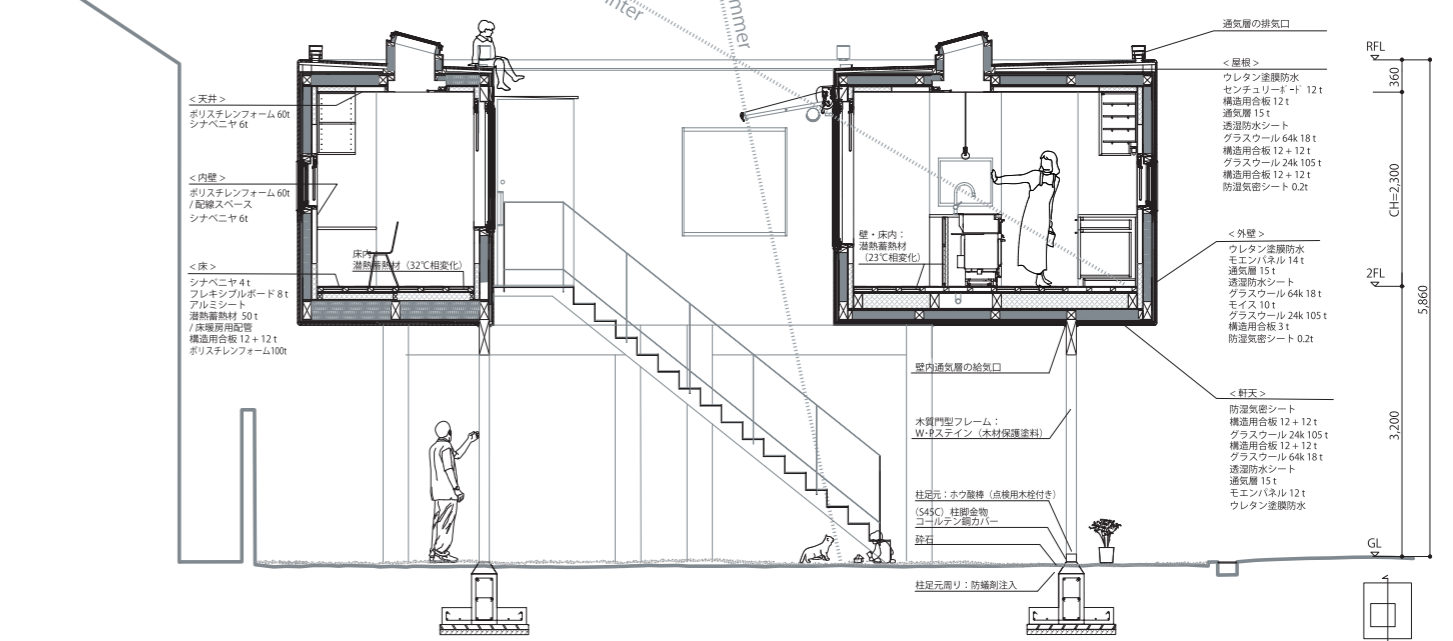
[図10] 床面照度分布 9/22 12:00^{*5}



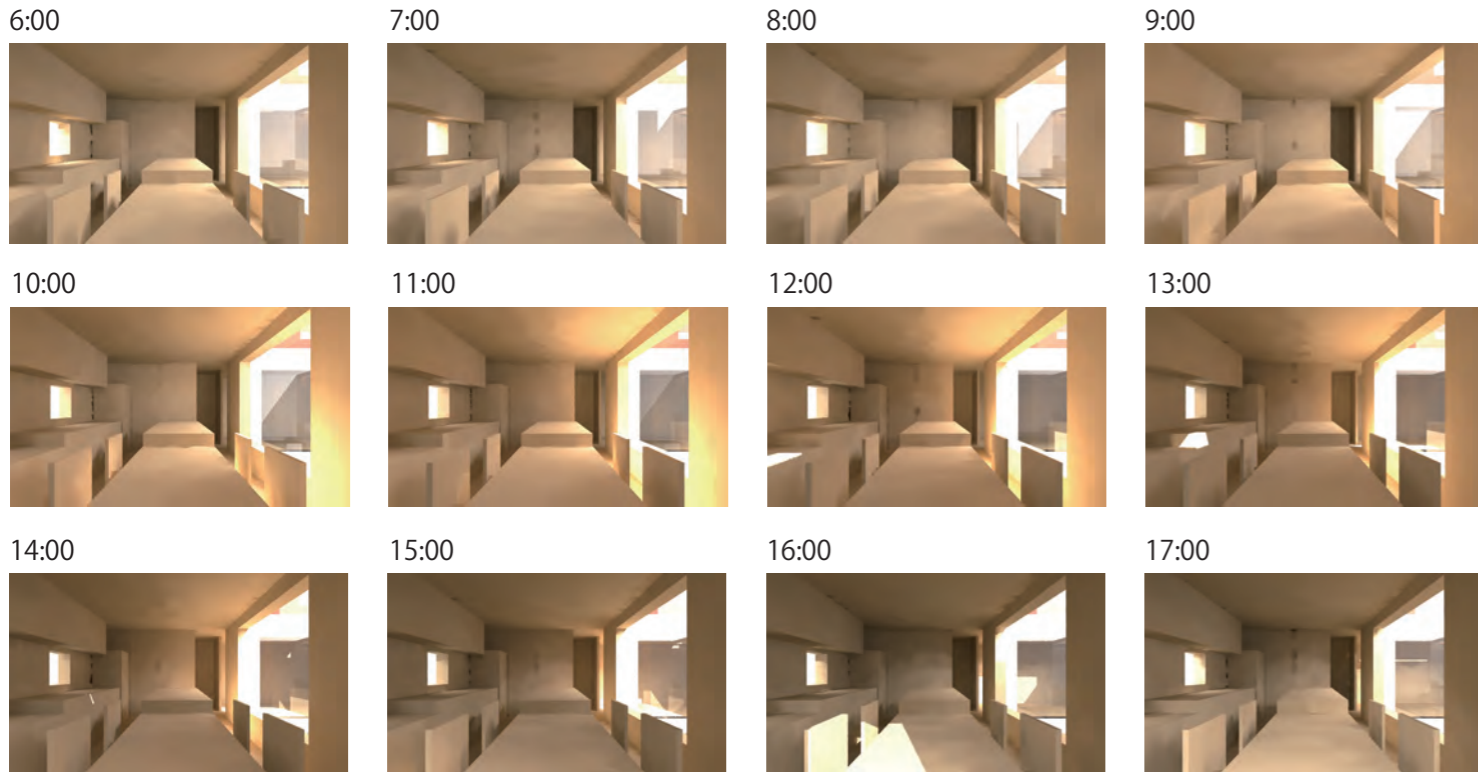
[図11] HOUSE BB 内観(実際の光環境)



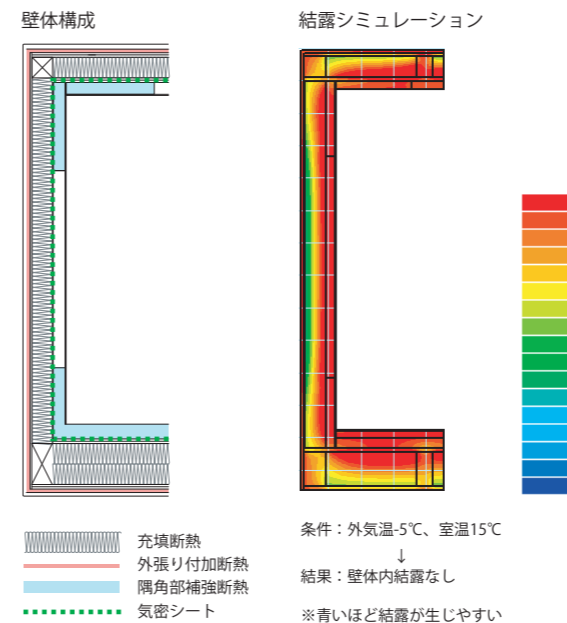
[図13] 断面詳細図



[図12] 光環境シミュレーション^{*6}



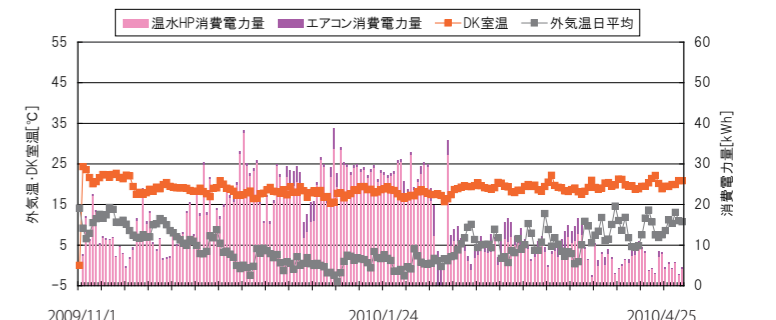
[図14]



[図15] 潜熱蓄熱材(PCM)を利用した温水床暖房システム



[図16] 室温と暖房消費電力量の推移



■パッシブを可能にするため、都市環境を考える

パッシブの実現には、ただ開くだけでなく適切に閉じることも必要で、つくった後のチューニングも大事だということも述べてきました。しかし、そもそも取り込む外部環境＝都市環境が気持ちのよいものでなければ、パッシブをする気にはなりません。小さな建築では室内の大部分が外界の影響を受けるのに対し、大規模な建築になってくると、建物の外周部しか外界の影響を受けない一方、建築が外部・都市環境に与える影響が大きくなってきます。建物が敷地に建つと、影を落とすこともあれば、表面の素材によっては反射光で眩しさをつくることもあります。風を止めることもあれば、大きさや形によってはビル風によって不快な風環境をつくることもあります。環境技術の多くは、CO2排出量を低減し、地球温暖化抑制に寄与はしても、排熱でヒートアイランド現象を増長し建物が建つ都市の熱環境を悪化させてもいるのです。建築が都市に対して開いて建つことを可能にするには、建物を使用するひとだけが良い環境を享受できるようにつくるのではなく、建築と都市環境の関係性を考える必要があります。

『ソニーシティ大崎（現・NBF大崎ビル）』*7は、大崎に建つソニーのエンジニアのための超高層オフィスビルです（図17）。ここでは省エネルギーと快適性を十分に担保した上で、都市環境に対する悪影響をできる限り小さくし、そ

して、できることならば、建てることで都市環境改善にも寄与する建築はつくれないかと考えました。冷熱源である東京湾からの風を後配敷地へ届けられるように卓越風向に対する建物の見付面積を小さくし（図18）、一方でバルコニーや凸凹立面によって建物周囲の歩行域におけるビル風を抑制する計画としました。住宅やホテルの建つ西側エリアに対する反射光害のリスクがあることを確認した上で（図19）、西面ファサードではガラス面積を極力抑え、反射性の少ないマットな塗装を施したアルミパネルをベースとした上で、外壁面からセットバックすることで、段差により光の反射を抑えるようにしました（図20,21）。そして、駅側の立面である東面のファサードには、バルコニーの手すりや日射・視線制御のためのルーバーを高保水性陶器管で作り、管内に雨水を通し、その気化冷却で周辺空気の気温を下げることで、冷房負荷を削減すると同時にヒートアイランド現象を抑制することを事前にシミュレーションで確認し（図22）、効果実測によってその効果を確認しました（図23）。以上のように、建築の都市環境に対する影響の事前評価をする際にもコンピュータによる解析が有効に機能しました。ここでは大規模な建築での検証を紹介しましたが、小規模な建築だとしても、その外部環境への影響の集合体が都市環境をつくることを意識したデザインが求められます。

■ビヘイビア・チェンジをナッジする建築

最後に紹介するのが、荻窪に建つ美容院『a seed hair salon』*8での試みです（図24）。既存躯体の内装をすべて撤去しコンクリートを露出させ、白く塗装したうえで、入口から奥に向かって高くなるような形で白い半透明の布を張りました。その布とコンクリート天井の間で光が反射を繰り返して、光を充満させた布天井は雲のような状態になります。天井に配された28個のLED電球はフロアに分散配置された温度センサーと連動し、室温が高ければ赤、低ければ青というようにリアルタイムで色温度や色相が変わるプログラムが組み込まれています（図25）。その時の温度が天井の布の色に反映され、人は空間の温度むらに気づき、寒がりの人は暖かいところを、暑がりの人は涼しいところを選択して座ることになります。スタッフは時々刻々と変化する温熱環境を空間で視覚的に把握し、窓を開けたり、カーテンをしめたり、空調運転を変更します。これは、ICT技術を用いて、環境化された情報によって人間行動変容をNudge（ナッジ）する試みなのです。（図26）。

以上のように、コンピューテーションは、設計時に適切な自然の取り込みを可能とするだけでなく、運用時のセンシング・通知・制御によって、人間がその自然の変化を適切に使いなすことをサポートすることにも有効に働き、それにより本場の『どパッシブな建築』が実現できると考えています。

[注釈]

- *1: HOUSE BB: 設計＝川島範久＋田中渉＋平岩良之＋高瀬幸造。2009年4月竣工。環境シミュレーションによる検討は高瀬幸造・大沼友佳理と協働。
 - *2: 気象データ: 拡張アメダス気象データ/地点393/長野
 - *3: 計算エンジン: Radiance、積算期間: 12月22日～3月22日、気象データ: 拡張アメダス気象データ/地点393/長野
 - *4: 計算エンジン: Radiance、積算期間: 6月22日～9月22日、気象データ: 拡張アメダス気象データ/地点393/長野
 - *5: 計算エンジン: Radiance、地点: 36.4° N, 138.1° E、解析条件: Direct Radiation 650 W/m², Diffuse Radiation 250 W/m²を指定して解析（拡張アメダス気象データ/長野より算出・晴天時）
 - *6: 計算エンジン: Radiance、地点: 36.4° N, 138.1° E、解析条件: 各時 Direct Radiation, Diffuse Radiationを指定して解析（拡張アメダス気象データ/長野より算出）
 - *7: SONY CITY OSAKI(現・NBF大崎ビル): 設計＝山梨知彦＋羽鳥達也＋石原嘉人＋川島範久/日建設計。2011年3月竣工。
 - *8: a seed hair salon: 設計＝川島範久＋丸山亮介。2013年12月竣工。
- 図版提供: 図17～23/日建設計
写真撮影: 図1、図17/鈴木豊、図21/野田東徳、図24/緒方洋平

川島範久（かわしま のりひさ）

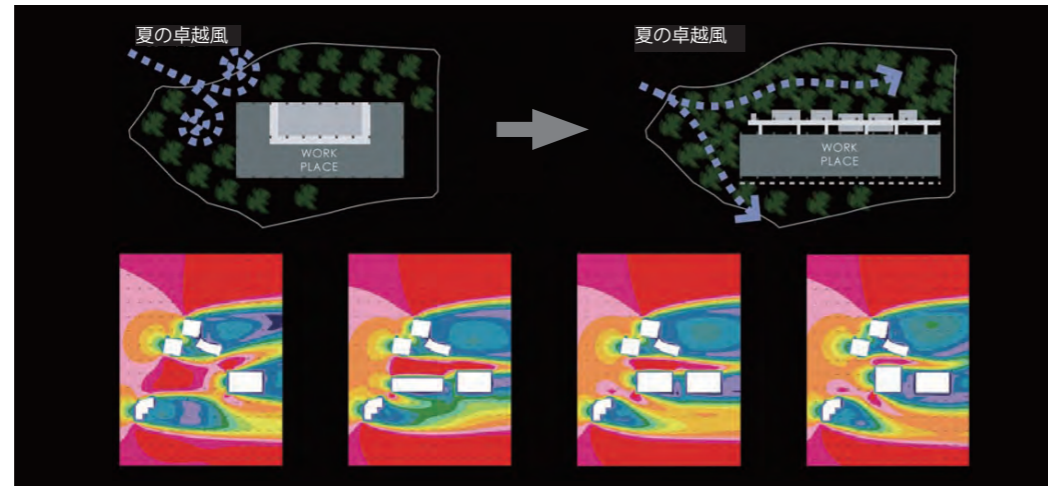
1982年神奈川県生まれ。2007年東京大学大学院修士課程修了後、日建設計勤務。2012年カリフォルニア大学バークレー校客員研究員。2014年より、東京工業大学大学院建築学専攻助教、ARTENVARCH共同主宰。主な作品＝《HOUSE BB》、《ソニーシティ大崎》他。主な受賞＝《日本建築学会賞（作品）》、《サステイナブル住宅賞（財）建築環境・省エネルギー理事賞》他。
URL: <http://artenvarch.jp/>



[図17] ソニーシティ大崎外観（東面）



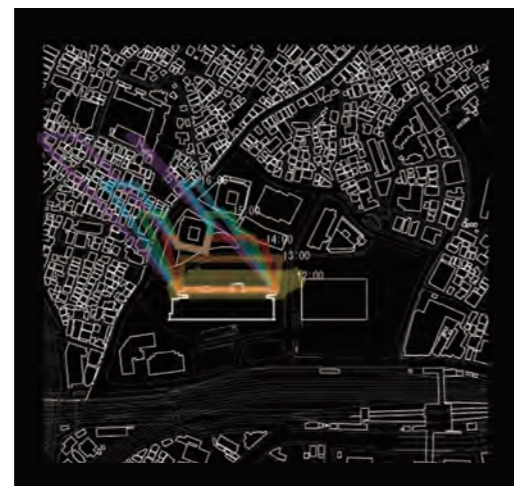
[図18] 後背敷地へ風を届けるスタディ（CFD解析）



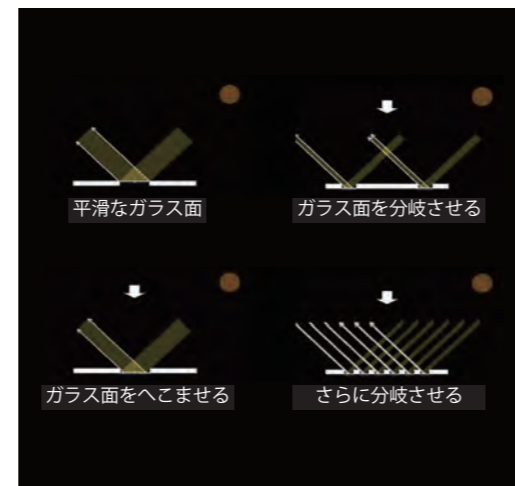
[図20] ソニーシティ大崎外観（西面）



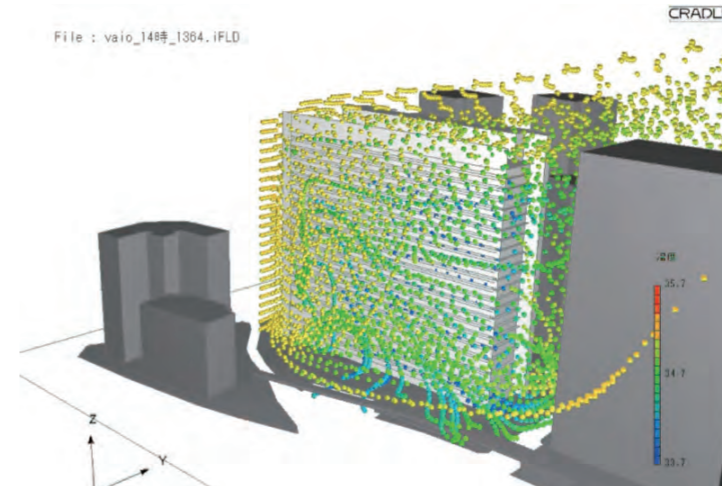
[図19] 反射光シミュレーション



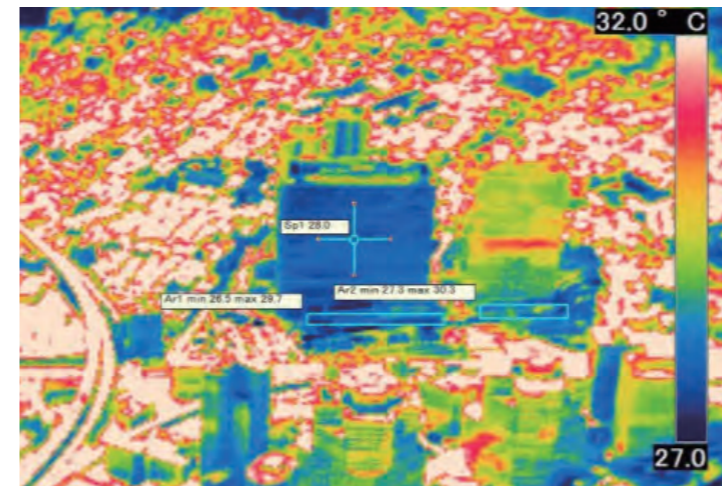
[図21] 西面外装ダイアグラム



[図22] 気流温度シミュレーション（CFD解析）



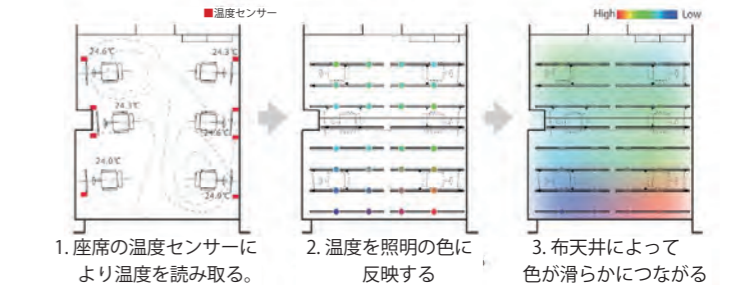
[図23] 表面温度測定結果（熱画像）



[図24] a seed hair salon 内観



[図25] 温度センサーによる照明色コントロールシステム



[図26] モードチェンジする空間

