

『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

今回の交流セミナーでは、最新のパッシブデザインツールによるシミュレーションを駆使しながら設計活動に携わられている東京工業大学 / 川島範久様を講師にお迎えし、今後のパッシブデザイン手法の方向性やあり方等についてお話をうかがった。当日の講演内容を抜粋し、概要を報告する。

開催日時：2015年1月29日（木）15:00～17:00
参加者：28名



川島 範久氏
東京工業大学 理工学研究所
建築学専攻 助教授

■どパッシブとは

小玉先生はパッシブとアクティブについて『自然エネルギー利用のためのパッシブ建築設計手法事典』の中で、「間断しないエネルギーの補給によって成立する完全に人工的な居住環境と、自然と一体化し、自然のリズムが実感できる居住環境の質が等しいものではない」ということを言っている。パッシブというのは、ただアクティブなものをそのままパッシブに置き換えるのではない。自然そのものはただ快楽的なときもあれば畏怖を感じるもの、崇高と感ずる場合もあって、それを最大限受け入れるということ、そうした自然と付き合っていくということがパッシブではないかと考えている。『どパッシブ』とは、環境を思い切り楽しむための工学的なアイデアだと考えている。

■HOUSE BB

～近隣との環境的な関係性

HOUSE BBは2009年にできた住宅で、口の字型のキューブが宙に浮いたような形をしている。長野県長野市の長野盆地の真ん中に建っている。長野県は広々としたイメージがあるが、この敷地は住宅密集地のど真ん中にあり、北側の前面道路は4m程度の狭い場所である。密集した住宅地だが、この家の屋根の上に上ってみると、長野盆地を取り巻く山々が非常にきれいに見える場所だったので、敷地に浮いたような住宅を提案した。元々は太陽も入らず風も抜けず、眺望もとれない、猫も通れないといった状

態だった。それに対し、こういった形を提案することによって、日射も入り、風も抜け、山も見えて猫も通れる、そんな住宅とすることができた。こうしたパッシブ建築を考えるときに、まず何をやるかということ、気候をちゃんと丁寧に読み込むことをやる。そのため空気線図に365日24時間分の拡張アメダスデータをプロットする。これにより、ダイレクトゲインをする範囲、通風を行うと快適になる範囲、パッシブ手法を取り入れても快適にはならない範囲などがわかってくる。こうしてみると、パッシブによって快適になる時間帯はかなりあることがわかる。特に冬のダイレクトゲインと中間期から夏にかけての通風が非常に効果的であることがわかる。設計する際には、拡張アメダスデータだけではなく、実際にこの敷地の屋根の上に気象観測計を置いて測定も行った。拡張アメダスデータとの整合性をとったうえでの結果として、この敷地は西側からの卓越風が一番影響が大きいことがわかったので、それを有効利用できる形はどのようなものかを考え、屋上に飛び出る塔屋を提案した。CFDによるシミュレーションを行ってみると、西側の卓越風を飛び出た塔屋が受けてその背面が負圧になる。背面や両側に開けた窓が常に風を誘引する窓として機能し、周囲に開いた窓から風を吸って排出するといった空気の流れをつくることができることが確認できた。また、密集した住宅地の中では、そこ

に埋没するようなボリュームを建ててしまうと、風はその上空を流れて行ってしまい、なかなか風圧差がつかないので通風を確保することが難しくなるが、建物を持ち上げ、塔屋を作ってウインドキャッチすると密集した住宅地でも風をうまく取り込むことができることもわかった。それだけではなく、密集した住宅地においてこのように通風を確保するような建て方をすることは、隣の家にとっても良いということもシミュレーションによって確認できた。小さな住宅ではあるが自分だけがいいわけではなく、隣の家のことも考えながら、隣の家のパッシブにも寄与するような建て方も目指した。ただ長野市は東京に比べて寒い。長野市の空気線図を見ると東京と比べて明らかなように、冬期の寒さ対策がとても重要になってくる。気候データをビジュアライズしながら、こういった要素を最も使えそうかということを考えながら設計をするわけだが、大事なことは断熱気密。これなしにパッシブなことだけをやってしまうとせっかく取り込む自然を十分に楽しめないことになる。熱負荷的には非常に不利な形ではあるが、断熱気密をしっかり施すことで、パッシブな状況を享受できる。また、ただでさえ少ない日射を入れるために常設の庇をつけておらずオーニングで夏と冬の日射を遮蔽と取得といった形で切り替えられるようにしている。木造なので熱容量を与えることが難し

いが、PCMという素材を使って温度による相変位による吸熱を利用して、軽いけれど“重い”木造住宅を実現した。潜熱蓄熱材を使えば、1杯が4杯分の熱容量をもつことになる。センサーを入れた実測では、PCMがあることによって、日射の影響もあるが木造住宅としては非常に温度が安定していることを確認することができた。

□ソニーシティ大崎 ～都市との環境的な関係性

『どパッシブ』であるということは、外の環境がどのようなものであるのかということに非常に依存する。地球温暖化によってこの100年で0.7℃気温が上昇している中で、東京は3℃上昇している。この2.3℃の差がヒートアイランドによるものと言われている。日建設計で初めて担当した建築でソニーシティ大崎がある。日建設計に入社してこうした大規模建築（12万㎡、高さ140m）を考えたときに、それまで住宅スケールで考えていた環境という言葉と、大規模建築で考える環境とは全然違うと思った。何が一番違うかということ、外皮が内部環境に与える影響の割合がまったく違う。その一方で奥行き50mといったオフィスビルが当たり前になってきていて、これまで外皮が建築の内部環境に大きく影響を与える、コントロールすることが一番の発見だった。裏を返すと、外皮性能が内部に与える影響の割合は非常に小さいが、その半面、外部に与える影響は非常に大きいのではないかと思った。東京を引いた視点、スケールでみると、東京の昼のクールリソースは東京湾で、夜のクールリソースは関東平野の周りである自然の山々であることがわかる。ソニーシティの敷地は谷地形の縁に建っているの、その風をどう使うかということを考えることがまず一つのテーマとなった。入ってくる風に対して見付面積を小さくすることで冷たい空気をしっかりと後背敷地に受け流すことを考えることが、都市環境を考えるうえで非常に大

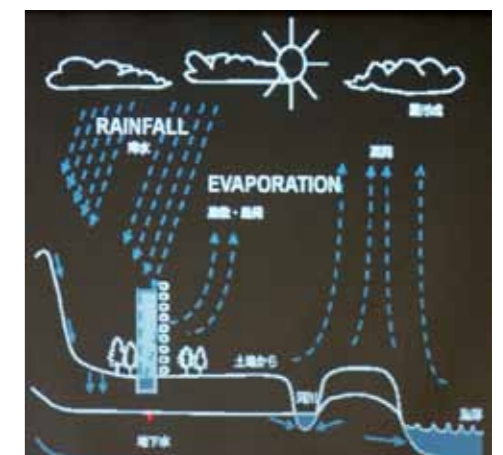
事なのではないかと考えボリュームを検討した。外側にはバルコニーを張り巡らしている。超高層ビルでバルコニーを持ったビルはほとんどないが、ソニーの優秀なクリエイターやエンジニアが安心して働けるようにするために、（このビルは避難安全検証を行って2つの階段で十分安全性を保てるが、）さらに安全で、いざとなれば外に出て南側に走って行けば地面に降りて来られるような計画としている。ワークプレイスの外側にバルコニーがあり、柱も外に追い出している。その先に「バイオスキン」と呼んでいる簾のようなものがある。これは一つの日射遮蔽であり、視線制御であり、手すりになっている。手すりは陶器でできていて、その中に雨水を通すことで表面が濡れて周りの空気を冷やすといった装置としても機能している。全体としては超高層ビルであるが、簾のようなものがかかっている、通常こうした板状のものが建つと非常に圧迫感があるが、奥行き感があるようなものとすることによって、都市環境との対峙の仕方を考えている。ヒートアイランド現象は、人工排熱が都心に集中していることによって発生していることもあるが、さらにそれがゲリラ豪雨を起こす原因となっている。突き詰めて考えると都市の中での水循環が、人工的な都市のつくり方（＝土をふさぐ、川にフタをする、緑を減らす）によって、正常ではなくなっていることがヒートアイランドとゲリラ豪雨を起こしていると言える。



このビルに設置したバイオスキンが建物全体にある場合に、どのように空気を冷やしてどこに冷気が落ちていくかということを確認しながら、我々も2℃程度下がることを確認した。アイデアそのものは思いつきだが、それをしっかりと確信しながら進めていった。実際これは他にこうした事例がある訳ではなく、しかも超高層オフィス全体に展開する仕組みなので、みんな怖さはあったが、コンピューテーションによって可視化することで、施主だけではなく、我々自身も安心して設計を前に進めることができるという経験を示すことができたし、同時に、超高層の表面も、川や緑のような自然のクールリソースになり得ることを実証できた。樹木というのは植えれば植えるほど環境が良くなるが、建てれば建てるほど環境が良くなる建築の在り方というのは何か、ということを考えて。『どパッシブ』になるためには都市環境そのものが良くなければ『どパッシブ』になれない。建築の都市との環境的な関係性を考える必要があるということも思った、ということがソニーシティ大崎で一番学んだことである。

■コンピューテーションが必要な理由

コンピューテーションといったものが本質的にはどういうものなのか、ということも勉強しているが、元を辿っていったらわかりやすかった事例というのが「成長の限界」（1972年ローマクラブ）で提示された世界モデルだった。これはシステムダイナミクスといった理論に基づき、人口、資本、食糧、天然資源、



汚染という5つの要素をシステムに組んで、フィードバックループを構築し、世界モデルの標準計算を行ったものである。要は、今後成長は限界を迎えるということ、シミュレーションモデルを組んで計算することによって可視化したものである。この可視化の意味は何か？何をしたいのか？その本質は3つあると考えている。一つは、地球の有限性を可視化して、問題を世界で共有したこと。共有したことによって人間は行動を起こすことにつながった。ここからCOPや京都議定書につながっている。二つめは、非常に複雑な世界を非常にシンプルなアルゴリズムで解いたということがポイント。なぜシンプルなアルゴリズムにしているかということ、人間は長期予測をなかなかできないためである。人間には直感というものがある。それはとても優れたものだが、長期予測に関しては外れるとよく言われている。つまり直感はアルゴリズムに劣るためである。三つめの大事なポイントはオープンソース化。この世界モデルのシステムはどんどん更新されているが、どのように計算されているかということもオープンにされている。したがって誰でも検証することができるし、検証することに協力することができる。

■**サステナブルを支える社会システム**
自分が勉強のために1年間過ごしたカリフォルニアは、ある時期から一人当たりの電気使用量を抑えることができる。それを実現している一番のポイントは、エネルギー供給側に対する規制をかけていることである。それはデカップリング制度といわれるもので、簡単に言うと、電力使用量と電力料金を平行に考えようというもの。売り上げを3年に1回決めて、たとえば「電力使用量が少なく売り上げが少なかったら電力料金を上げていいですよ」、逆に「売り過ぎたら電力料金を下げて最初に決めた売り上げにしない」というシステムになっている。日本の現在のシステムの多くは売れば売れば利益が増えるようになっているのに対して、カリフォルニアでは売り上げが決まっているので電力発電コストを抑えると利益が増えるシステムになっている。売らなければ売らない

ほど儲かるシステムになっている。したがって、電力会社（やガス会社）自らがユーザーに対してエネルギーを使わないように勧めたり、補助金を出すから断熱材を入れなさいとか、高効率機器を入れなさいということ奨励する。これはカリフォルニア州も行っている。さらに電力会社は設計者教育も大事だと考えていて、教育プログラムや様々な実験のための装置を貸し出したり、支援ツールを提供している。また、BECC (Behavior, Energy & Climate Change) という学会がある。これは省エネルギーの必要性を理解しながらも、なかなか省エネ行動に移すことができない人間ビヘイビア（人間行動）を、ハードな工学だけではなく心理学や社会学といった視点からも議論しようという取り組みを行っている学会で、そういうところまで進んできている。今アメリカでは、断熱材や高効率機器といったハードへの投資はひとつの落ち着きを見せていて、HEMSやホームエナジーレポートといったソフト、人間の行動に働きかけるようなものへの投資が変わってきている。コンピューテーションといったものが実際に効果を発揮するためには、環境コンサルタントのような職能が求められるが、そのときにそれを設計者などがボランティアにやっているようでは続かない。そうしたことの必要性を行政や自治体が理解し、そういったことをサポートするシステムが求められるのである。

■**人間の行動変容**
何のための『どパッシブ』かということ考えたときに、「Nudge」という言葉があって、そっと突いてあげる(Nudge) ことによって人間の行動変容を促すことが、『どパッシブ』のポテンシャルなのではないかと思っている。Nudgeという言葉はBECCでも頻発している言葉で、「Nudge」という本もあり、実践行動経済学でキーワードにもなっているが、省エネルギーや防災におけるソフトな対策として非常に大事なキーワードだと言われている。パッシブというのは自然と一体化して自然のリズムを実感できるもの。たとえばまったくの人工環境の中でコントロールされた建築の中にいると、窓を

開けることさえもブラインドを開けることすらも忘れてしまう。しかし、変化する自然を適切に取り込み、自然を常に感じるような建築空間を実現すれば、人間は、「あ、そうか。自然というこんなに素敵なりソースがあるのだから、それを使うように動こう」というように行動変容すると考えている。したがって、『どパッシブ』は、『365日24時間、勝手に変化する自然を適切に最大限取り込む工学的なアイデア』ということがいえる。それをさらにICT技術によってセンシング・通知制御することで、その自然の変化を人が気づくようにし、それを適切に使い倒し、使いこなすことができるようにサポートすることが必要である。コンピューテーションというのはまさにICT技術の代表例で、環境シミュレーションということだけではなく、センシング、ノーティス、コントロールといったことでもある。『どパッシブ』というのは、人間をNudgeして行動変容を促進するアイデアである。行動変容を促すための事例として美容室の店舗設計を紹介する。布をインテリアに使った美容室で、女性の髪の毛の流れを感じるようなインテリアとなっている。天井に張られた布の上にはフィリップスの照明器具が入っていて温度によって変化する。どういう仕組みになっているかということ、座席の裏に温度計を仕込み、温度をリアルタイムに読み取って、その温度差によって涼しい所は青、暖かいところは赤にして、30分に1回、時報代わりに天井布を照明で照らすようになっている。時間によって空間の環境が変わるようになっている。ここで考えたことは、実は建築空間、都市空間というのは環境であるということ。そして情報といったものが、対象としての情報から体感する環境に、環境としての情報になる。環境化された情報で人間をNudgeして行動変容を促すといったことがあり得るのではないか、ということ考えた。この美容室では、暑がりなお客様が来たら少し涼しい所に座らせて、寒がりのお客様が来たら暖かい所に座せるとか、暑くなったら窓を開けたり空調機のコントロールの仕方を変えるといっ

たように、人間の行動変容のきっかけとなるように、情報を環境化することを使うといったことをやっている。さらにICT技術を上手く使えば、モードチェンジすることが可能な空間も実現できる。通常業務に適した環境から、スポット的にNudgeに適した環境にする。この美容室では30分に1回、3分間、時報代わりに行っている。こうしたことがお客様との会話のきっかけになっているようなので、必ずしも建築というものが固定化した変化しないものとして考える必要はないと考えている。環境としての情報がヒューマンビヘイビアに働きかけて、人間は行動変容し、空間にフィードバックし、変化続ける空間というものがあるのではないかと考えている。なぜそうしたことをやろうとしているのか？ということ、本当のサステナビリティを実現するために必要なのは、エネルギーの持続も必要だが、コミュニティを持続させることが不可欠。そのためにはライフスタイルそのものが変化しなければならないし、限られた資源をシェアしなければならない。そのためには、建築とユーザーを固定的なものとして考えるのではなく、お互いの変化し合うといった考え方をしなければならぬと考えている。エネルギーも空間も有限なので、どうやってシェアするかということを考える。そのときにとても大事になるのは、「一定の環境にコントロールしよう」と考えるのではなく、まずある程度自然を受け入れて、適切に自然を取り込むことによって、それなりに快適な環境をつくるということ。そして、そのムラのある環境を許容すること。人間がそのムラを理解し、自分が気持ちよく感じる場所に動いていき、自分も環境にフィードバックすることが大事である。そのときに、人の手で加工できる自然素材や取り換えることができる空調等の設備機器、書き換えることができるコンピュータプログラムといった「弱い部材」を使う。そして建築の空間を変えるところに人間が関わることによって、建築や都市がただ与えられるものではなく、自分たちがその一部になっていることを実感できるものになると考えていて、そういったことも『ど

パッシブ』だと考えている。したがって、『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ことは、そういったことを考えながら設計するコンセプトである。

■シミュレーションを駆使した住宅計画例

親世帯が住む細長い敷地の一角に高校の同級生が住む家を建てることになった。親世帯の住宅に影を落とさなければ今駐車場になっているところに建ててもいい、ということで依頼を受けた。非常に難しい条件の中で、屋根をボキッと折って傾けて、その屋根越しにお父さんとお兄さんの家や都市とつながる家考えた。親世帯と反対側には南面の大開口を思い切り開けていて、親世帯側の家に影を落とすことなく、自分たちもしっかりと冬の日射を取り込むことができるアイデアとした。また、谷地形になっている敷地に流れる風を三角窓などで取り込んで南から風を抜くことができるような工夫も施した。条件的には自分が一番いいように北側に建物を寄せて南面に大開口を開けるが、親世帯が住んでいるということだけじゃなくても、近隣のことも考えながらパッシブをにしなければ、隣の人は『どパッシブ』はできない。このプロジェクトでも、みんなが『どパッシブ』できるような『どパッシブ』とこの建物を設計する際にもいろいろと

変遷しており、変遷するたびにシミュレーションを行った。EnergyPlusでいくつかのパターンを比較していくと、少し北側に寄せて、RCの壁を設けて、熱交換換気する方法が最も安定した温熱環境になることを確認でき、こうして一つ屋根の下の一室空間という家を設計した。もう一つは所沢のM HOUSE。敷地は台形の角地。方位は、南が敷地に対して45度振れているので、そこに1階は敷地にならった正方形とし、2階は45度振ったボリュームを建てる計画を提案した。2階に南面大開口を取っているが、ここには日射制御装置を取り付けている。また、欄間というかハイサイド窓を設けて、セキュリティを確保しながら夜間の自然通風を取れるようにしている。かつ冬の日射取得もできる計画とした。こういう計画に至るのも自動でコンピューテーションしているように思われがちだが、決してそんなことはない。最初は敷地いっぱい建つ中庭型の平屋からスタートして、2層の屋根型になり、最終的なアイデアになったという変遷があった。ただその都度考えていることは基本的には同じで、『どパッシブ』な建築で、後ろにも迷惑をかけず、自分たちも最大限冬の日射や中間期の通風を取り入れるような、『どパッシブ』な建築をめざし、その都度日射や光、エネルギーのシミュレーションを繰り返し行っている。(終)

