

住宅部会ゼミナール2023を開催

2023年11月20日(月) TKP ガーデンシティ御茶ノ水(東京都千代田区)にて住宅部会ゼミナール2023を開催し、東京大学の池田 靖史 特任教授よりご講演をいただきました。



東京大学 大学院工学系研究科 特任教授

池田 靖史 氏

講演

「建築DXの可能性と住宅産業」

プロフィール

東京大学工学部建築学科卒業、同大学大学院を修了。株式会社横総合計画事務所、慶應義塾大学大学院教授を経て、東京大学大学院教授(現職)に就任。他、建築情報学会会長、日本建築学会理事。専門は建築情報学。

本日は、デジタルと建築の関係の現状と今後の変化についてお話をします。

まずは自己紹介から。私、出自はデザイナーでして、建築家としてデザイン分野で頑張ってきましたが、同時にコンピューターもやっているという人が珍しかったためか、今のような立場になったのだと思います。大学院を出た1987年、東京大学の先生になられていた横さんが「幕張メッセ」の仕事をとられました。全て定規で描いていたその当時、「大きなトラスの座標の点を全部パソコンで計算して、それはそのままパースの下書きにもできると言ったら、最初所員の皆さんはちょっと怪訝な顔をされたのですが、結果大変厳しいと言われていたブリツカー賞受賞の横さんの事務所に入ることとなりました。30年以上前の話です。その後、独立し自分の設計事務所です。いろいろな建物を設計する機会にも恵まれました。そこでは、皆さんと同じようにCADを使って設計をしていましたが、フルにコンピューターを使うことばかり考えていたかというところでもなくて、コンピューターの使い方の研究というのを、少しずつ両立してやってきました。そうした中で、2020年に建築情報学会を立ち上げましたが、世の中そのものがそういう方向に進んできたのだと思っています。というわけで、いろいろな雑誌やシンポジウムなどをやっているうちに、だんだん建築情報学というものが認知されてきました。

一 作品紹介

最近設計した案件を紹介します。

江東区の冬木というところにある物件でして、木材活用コンクールで最優秀賞(国土交通大臣賞)もいただいておりますが、当然ほとんどのことをBIM、3DCADで設計をしました。完成予想図から部品まで全て模型は作らず、3DCADをお施主様のところにもお持ちして

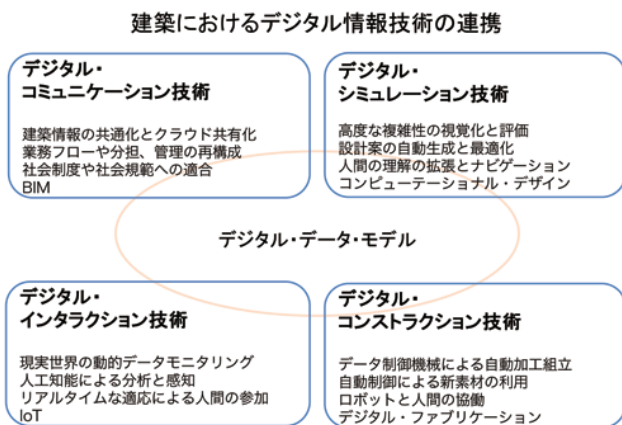
見てもらい、あとは照明計画なども三次元で行いました。それ以上に実はこの建物、木造としてのつくり方というところからコンピューターを応用することを考えました。都内でも数少ない準延焼防止技術適合基準建築物として準耐火建築物と同等の扱いを受けているこの建物は、正面の耐火ガラスの内側が構造用集成材(レッドウッド)による綺麗な三角形の桁格子を用いた開放的なファサードになっているのですが、西向きです。このため、省エネができるような工夫として、365日分の日射シミュレーションをコンピューターで行い、桁格子1枚1枚の断面の角度を決めることで内部に1年中直射日光が入らないようにしています。さらに、FEM解析をかけ、耐風圧要素としてサッシの方立としてはたらくようにすることで格子とガラスの間に縦に全部隙間が空けられ、ダブルスキン排気となるようにしています。さらに、私たちは「デジタルデータによる施工支援ガイダンス技術」と呼んでいますが、工務店の職人さんに拡張現実眼鏡をかけて施工してもらうなどして、デジタルファブリケーションで作成されたデザインを実現しました。

もう1件紹介します。経産省さんとの事業「エネマネハウス2014」に我々は慶應大学として、去年ここで講演された伊香賀先生とチームを組んで「コエボハウス」(共進化住宅)を出展しました。私はチームリーダーだったのですが、エネマネハウスというのは、たった2週間で現場を完成しないといけないう大変厳しい条件でしたので、これも徹底的にデジタル化して、実際にはほぼ3日間で構造躯体を完成させました。エキシビションが終わった後は、慶應大学のキャンパスにこれに移設し、今度はそれを使ってエネルギー、室内環境、居住環境に関するいろいろな実験を行いました。また、住宅の中をどのように風が回っているかを拡張現実で見せるようなことなども行いました。

1年半ほど前、東京大学に移るにあたり、「コエボハウス」の有終

の美を飾ろうということ、リサイクル自体をBIMでスマートにできないかということに取り組みました。時間軸が入った四次元モデルの解体版です。それも、実績ではなく計画としてやってみたら、これが解体の値段交渉に役立ち結構安くなりました。1番問題だったのは、CLTはリサイクルにいい材料です、と謳っておきながら実際にリサイクルした例はまだほとんどない。リサイクルしてしまうとJAS材ではなくなってしまうなどいろいろな問題もあるのですが、こうしたことにもデジタル化を使って取り組んでみました。

こうした建築におけるデジタル化の方向性を一旦まとめますと、BIMのようなデジタルなコミュニケーション技術やシミュレーションをする技術、それから、我々がよくやるデジタルコンストラクションという技術、デジタルインタラクションというモデルを中心としたデジタル情報技術というのは、いろいろな形で連携していくことができると思っています。



— 3Dプリンターの可能性

こういう話をすると、だいたい自動化と省力化の話になってしまいます。もちろん高齢化の進行、就業者の減少など建設業の労働生産性の低下などの問題を解決するため機械にやらせるということ自体は間違っていないと思います。ただ、ちょっと待てよというところがあります。確かに3Dプリンターを使ったら、今までの建設作業を置き換えて省力化はできますが、3Dプリンターで普通の家を作る必要があるかどうかということを考えてみる必要もあるのではないかと。3Dプリンターは、今までの家の形を置き換えるためだけにあるのではなくて、もっと他の立体を作ってくれる、たとえば四角いものよりも実は丸いものを作るほうがよほど得意であると。得意というより、四角でも丸でも同じ値段で作ってくれるということを見ると、実は我々はそちらを考えないといけないのではないかと。そうでなければ、ただ安く楽にしているだけで、新しい価値を生んでいないのではないだろうかということです。

去年の修士論文で、それがどれくらい可能なのかやってみた学生がいます。この学生は、シミュレーション上で丸い形の住宅を作り、1年分の日照と気温のデータを入れることで、その住宅にどれだけ冷

暖房の負荷がかかるかを計算し、それを全部足して省エネ性能の成績をつけました。でも丸と言ってもいろいろな曲面形状があるので、前下がりとか後ろ下がりとか2,500種類くらいの丸の形がちょっとずつ違う同じ面積の家を作って、それぞれの年間冷暖房負荷の成績を出しました。この結果が面白くて、表面積が大きくても意外と成績の良いものがある、最大20パーセントくらいの違いが出ました。こんなことができるのも、デジタルのおかげです。2,500種類の丸い住宅に対して、1年365日分の冷暖房負荷を計算するなんてことをしてくれるのはコンピューターくらいですから。こういうことと組み合わせることで、曲面が得意な3Dプリンターの新しい可能性をもっと追求するほうがいいのではないかと考えています。

3Dプリンターでもう一つ面白いのは、コンクリートだけで作らなくてもいいということです。いろいろなバインダー材を入れることもできますし、バイオ材料とか、透光性の樹脂材料を複合的に印刷して、半分光が通る3Dプリンター素材ですとか、部分的に繊維で強くするといったこともできます。同じ施工技術がいろいろな材料との組み合わせに広がっていくところが、本当に面白いところではないかと考えています。

少し極端な例で恐縮ですが紹介します。たまたまある学生から、口永良部島で知り合った住民のために、火山が噴火して避難する時用のシェルターを自分たちで安く作れませんかと言われました。竹ならいくらでもあって、一応モルタルコンクリートくらいは使えるということです。竹を編んで曲面を作るのは簡単なのですが、困ったのは、それが正確に意図したとおりには作れていないこと。であれば、一度作ったものをスキャナーにかけて全部測定して、できあがったものに対して応力計算をかけて大丈夫かどうかで補強する、というやり方ならば、元の計画通り作れなくても困らないのではないかと。今まで設計図通り正確に作るということばかりに一生懸命だったものが、最終的に十分使えるならば、必ずしも設計図通りに作る必要が必須な答えとは限らないということに気が付いたというか、そういうことを実験してみようという話になりました。これも先程と同じようにデジタル技術だけは高度に使ってしまっていて、竹がうまくねじれないように編むためには、竹の方向をどちらにしておくかとか、モルタルをすり付けていくと、その重みのせいで途中で竹が変形してしまうので、それもあらかじめ予想して、そういうことが起きにくいモルタルのつけ方を考えることなどを試しました。

— 新たなデジタルの可能性

このように、結局デジタルファブリケーションは建築デザインにとってどんな意味があるのかが我々のテーマです。デジタルカッターを我々が使い始めてすぐ気が付いたのは、今まで建材の部品割り付けというのは、なるべく四角いもの(真物と役物)で考えていたものが、レーザーカッターでやれば、出来上がりの全体形状にあわせて個別な形に切ったほうが合理的だと。そのかわり、全てのパーツに対して

個別の名前を付けないといけません、でもこのほうがよほど運搬時の合理性も高まります。ただし、ここでの大きな違いは、大量生産ではないので同一の部品形状でなくてもよいということ。逆に言えば、大量生産かどうかということよりも、うまく一連のデータを作れるかどうかということのほうがポイントになると考えるようになったわけです。

ずいぶん昔からCNCなどコンピューターでコントロールする生産機械はあったわけですが、そのような機械加工方法が新しく生まれたのではなく、機械加工に入れるためのデータの作り方が新しく生まれたと考えれば、データをどうやって生成できるかというアルゴリズムこそがデザインに新しい可能性を引き出すと導きました。

— デジタル木造

つまりマsproダクションと違うところに、どうも新しい価値があるのではないかと考えています。マsproダクションが必ずしも悪いわけではなく、我々は未だマsproダクションの世界に生きています。エネルギーを集約して1カ所の工場で大量に作って、しかも品質が安定していて、使用材料を最小限に抑えて効率的に使うことができます。対照的なのが多分木材でしょうか。木を使え使えと言われますが、木材はばらつきがあって、かつ天然素材なので不安定です。

むしろ、その多様性による不確かさをコンピューターでカバーすることができれば、鉄に代わる材料になれるのではないかと考えています。よく考えれば日本の伝統木造技術もそこにあるわけですから、その木材が持っているサステナビリティを、どうやってデジタルを使って生み出すことができるのかを改めて考えています。

それをテーマに私たちが始めたのがデジタル木造でして、ちょっと名前がキャッチー過ぎるという声もあるのですが、2010年くらいからそのアイデアに取り組み始めました。最初から思っていたのが、パーツごとに少しずつ交換して新陳代謝するような仕組みを考えていけるのではないかとことです。先程のCLTハウスでは、残念ながら部品を再使用することを組み込んだ設計になっていなかったのですが、最初から建設利用に合わせて常に新陳代謝していくようなモデルを考えることができたなら、木としてのサステナビリティはもっと上がるのではないかとこのコンセプトです。これをティンバライズ展2010で発表しました。それでも、「こんなモデルはできても本当にはできないだろう、難しくて人間には作れないんじゃないか」と言われますので、ならそれを研究しなければということで始めたのが次のデジタル積み木です。

先ほどのような複雑な組み立てが本当にできるための一例として、積み木をしている人間の作業に対して、コンピューターが常にそれをキャッチしてアドバイスしてくれるような、そういう仕組みを作ればいいのではないかとことです。このデジタル積み木を、最初私たちは「答え付きジグソーパズル」のようなものかなと思っていたのですが、やってみたらちょっと変わっても軌道修正してくれるので、これは「積み木のカーナビ」みたいだなと誰かが言い出しました。

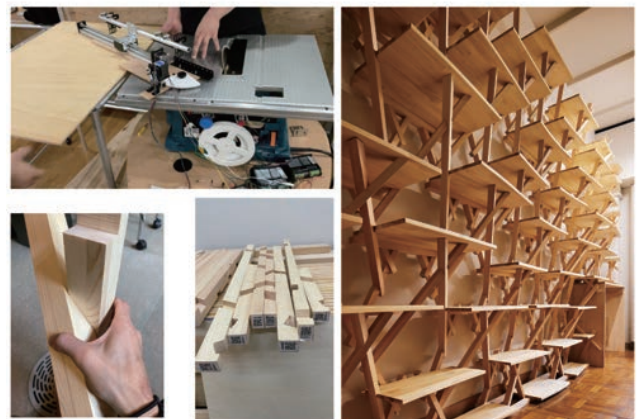
でも最後は、なんとか向こうが見つけれられないような手を考えようということになってくると、「対コンピュータージェンガゲーム」のようではないかと。だから、これからも私たちはコンピューターとインタラクティブに作業するような建築を作ろうと思っているのです。

このような技術は必ずしも夢物語ではなくて、実用化の方向として工場で大工さんが間違いなく金物を取りつけるための支援をするという技術づくりに応用を始めていますし、それだけではなくて、先程も言った天然材のばらつきをなんとかする方法なども、林野庁さんの協力を得て既に流通のところなどで見られはじめています。

— 一人にしかできない「楽しむ」

東大に行ってから部屋を一つ与えられたのですが、その部屋が空っぽの部屋でして。ここに普通にIKEAの家具とかを買ってくると、自分が普段言っていることと違い過ぎるので、なんとかしようと思って学生に本棚を作ってもらいました。ネジや釘を使わず、木組みだけで本棚を支えられている造りです。なかなかよくできていて、我々はこれを「デジタル・手作り・プロジェクト2022」と呼んでいるのですが、微妙な斜めの角度に木材を切るために、自分たちで丸ノコを魔改造し角度自動調整機能をつけました。これを使って個々の部品で異なる微妙な角度が切れるのです。全部の部品の形が違うと困ることは組み立てる時のほうなので、どうするかというとQRコード管理を使います。ということで学生手作りの本棚ではありますが、実は結構最先端のデジタルトランスフォーメーションを用いています。ところが、ちょっとここからが不思議な話なのですが、手作業の鑿と自動制御の丸ノコ、かかわった何人もの学生に対してどちらの作業が楽しかったか聞いたら、ノミのほうが楽しかったと言うんですね。なんでか訊いてみると、ノミはだんだんうまくなるけど、コンピューターでやる方はただ見張ってるだけみたいで全然つまらない。実は、それが結構大きなヒントになりました。

デジタル・手作り・プロジェクト2022



面白いとか面白くないとかいう話。僕らがなんでこの“作る”という分野にこだわっているのかということ、作るための道具は、古くは鑿やカンナのような加工の物理現象の補助からはじまって、次に動力が補

助になり今はQRコードのような情報が補助してくれる。どんどんいろいろなことを手伝ってくれるようになってはいるのですが、ではプリンターみたいになんか自動的に全部出てくるのが面白いかというと、あるいは、自分はその手伝いをしたり見張りをしたりしているだけで面白いかというとそうでもない。実は、効果性・効率性とは別に、作る人がかかわる限りは、作る人の満足度という全く違う指標があるのです。

今、建設ロボティクスみたいなものが盛んです。多分そういう方向にいろいろなものが進んでいくのは反対ではないのですが、でも、省力化・効率化・安全化の先にあるのは、人間がいなくなってしまうということではないのか、という部分はどこかで考えておきたい。あるシンポジウムで、そのようなことに関する質問が出た際に私は、「大事なこととして、コンピューターにはできないことが一つあります。それはコンピューターは作業を楽しむことができない。ロボットは作業を楽しむことができない。それは人間だけの特権であって、人間はものづくりを楽しむ、できたものを楽しむという特権を手放してはいけない」という話をしました。

一 ヒューマン・イン・ザ・ループ／協働

ヒューマン・イン・ザ・ループという考え方があります。実は今流行りのAIみたいな世界でも、たとえば強化学習の中で効率性・効果性を超えた人間との共進化をするためには、人間がその仕組みの中に入っていかなければいけないという考え方です。そういう意味で我々はずっと、技術的なトレーニングの一環でもある人間とコンピューターモデルとが、どうやってお互いのことを助け合うことができるのだろうかということの一つのテーマとして取り組んでいます。

人間だけでもできない、ロボットだけでもできない、こういうことの先にロボットと人間の協働というものがあるのかなと考えています。




一 BIMの進化

BIMに関しても、従来のCADデータと違い、現在はいろいろなシミュレーションが可能になっていて、一貫性を保ったまま平面計画など2次元の図面情報への変換が自動認識でできるようになっています。また、住宅設計の自動化も進んでいて、AIに言葉で命令しただけでいろいろな3次元のAIオブジェクトが生成できるなど、今の学生は、こういうものに対抗していかなければならないと思っています。

BIMについても、現在は主に建築業界の作業が便利になるというほうで考えられていて、事実私もその普及の手伝いをしています。しかし、このBIMのコミュニケーションメディアとしての本質がどんどん進歩していくと、たとえば、古民家の伝統構法をBIM化することによって失われずに伝承できるとか。それって、根本的には専門家と市民参加の関係をどんどん変えていくことにならないかと。設計の自動化ツールみたいなものも、建築家が使う必要はなく、一般の人が使うことになれば、極端なところ建築家もAIにとって代わって要らなくなる日が近いわけです。

さらに、データそのものが価値を持つということが期待されています。当然それでこそそのBIM化だと思いますし、その先にはスマートシティのようにいろいろなことがどんどん自動化されていくと思います。

建築BIMの活用による将来像

高品質・高精度な 建築生産・維持管理の実現	高効率なライフサイクルの実現	社会資産としての 建築物の価値の拡大
<p>いいものが</p>  <ul style="list-style-type: none"> 3Dモデルの形状と属性情報により空間を確認できることで、建築の70でない人でもイメージを共有 設計・施工時の情報が一元管理されることで、建築生産の効率的な品質管理を実現 完成後も活用可能なデータにより、最適な維持管理、資産管理、エネルギーマネジメントを支援 	<p>無駄なく、速く</p>  <ul style="list-style-type: none"> 投資効果の可視化（コストマネジメント）による迅速な意思決定 設計・施工・維持管理段階の円滑な情報の伝達により、無駄のない建物のライフサイクルを実現 設計・施工の各工程の作業効率化 維持管理の省力化の実現 海外との共通・競争基盤としてのBIMの確立 	<p>建物にも、データにも価値が</p>  <ul style="list-style-type: none"> 適正かつリアルタイムな資産評価・資産管理の実現 センサー等との連携による建築物へのサービスの拡大 ビッグデータ・AIの活用による建築物を起点とした新たな産業の創出 インフラプラットフォームとの融合による最適なリスク管理の実現

国土交通省 BIM推進会議

一 その先の建築

その先にいったい何があるのでしょうか。2年くらい前に、VR（バーチャルリアリティ）で作った住宅が50万ドルで売れました。リアルに一件建ててもらおうと同じくらいの金額をCG住宅に払う人がいたのです。もちろん、床の色が刻一刻と変わるとか、普通の建築ではできないようなこともできています。確かに、住宅は最後まで要らなくなるかもしれないかもしれませんが、リアルな建築自体が要らなくなることはとっくの昔から起きています。たとえば、私が学生の頃、銀行といえば立派な金庫があって、お客さんと対応するカウンターがあって、それを象徴的に包むためのギリシャ風の象徴的な建物があって…。これ今、全部電気信号に置き換わって、銀行というものに建築は要らなくなりました。

そういう意味で、今の学生たちには「これから先、本当に物理的な建物を作るだけが建築の商売じゃないかもしれない」とは言っています。実際に特にアメリカの大学、UCLAなどでは、ハリウッドに近いということもあるかもしれませんが、積極的にエンターテインメント系に卒業生を送り出すための教育に舵を切っています。驚くべきことです。

そう考えると一番大事なことは、すでに建築というのは、物理的な存在だけではなくてデジタルな存在でもあって、サイバー・フィジカル・システムといいますが、データとして流れるデジタルとフィジカルの両方を一緒にデザインしていかないといけないのかもしれない。

建築情報学会では、1番に危機感を感じているところとして、「建築家の職能とはなんだろう、現代社会における建築の役割とはなんだろう、建築業における技術革新と職業感とはなんだろう」といった全体的な危機感を基に、建築も流通も物流も生産も、その情報システムを総合的に構築するという方向に頭を切り替えていかなければならないと考えております。以上です。どうもありがとうございました。