

小見山研究室

はじめに

小見山研究室では、毎年夏学期に開講される建築設計演習Ⅴを、対象の四回生だけでなく研究室全体のプロジェクトとして取り組んでいる。今年も所属する四回生2名と研究室外の四回生2名、修士課程の学生3名の計7名の学生が課題に取り組んだ。小見山スタジオは設計対象は自由だが、設計の進め方を指定するという方法をとっている。建築学以外の分野の研究者と対話しながら設計を進め、設計の初期段階で「モックアップ」と称した実寸大の小さな実験に取り組む。学生たちは製図室のゴミでキノコを育ててみたり、お手製のテントを持ち込んで海辺に寝てみたり、裏紙を集めて紙を梳いてみたり、除湿剤を買い集めてその膨張率を比べてみたりする。建築提案自体は大いにフィクションであってほしいがその前提条件となる一つの真実を実際のマテリアルと格闘することで手に入れるためでもあるし、仮に自分の立てた仮説が間違っている（むしろ大いに間違っていた方が望ましいかもしれない）その新たな気づきによって今までの自分の手癖から解放された設計を目指してのことだ。

2023 年度小見山スタジオ 「弱い構築」



提供：小見山陽介

山極寿一元総長は京都大学を、新たなイノベーションを生み出す世界最大の「知のジャングル」と呼んだ。ジャングルは、常に新しい種が生まれ、陸上生態系で最も多様性が高い場所。大学も、学生や研究者が常に入れ替わり、学問分野も多種多様である。開発の途上であり、社会への実装方法が定まっていない新しい技術をエマージェント・テクノロジー（EmTech）と呼ぶが、19世紀に「鉄とガラス」という新素材の登場をめぐって建築の新しい姿が模索されたように、黎明期の技術は建築観の深層をゆさぶる。本スタジオでは、①建築学科を飛び出して京都大学のジャングルからエマージェント・テクノロジーを発見し、②その実装が社会に与えるポテンシャルを建築デザインのプロトタイプとして構想する。

異領域の研究と建築デザインとを結びつけるひとつの手がかりとして、2023年度は「弱い構築」を仮テーマとする。例えば、

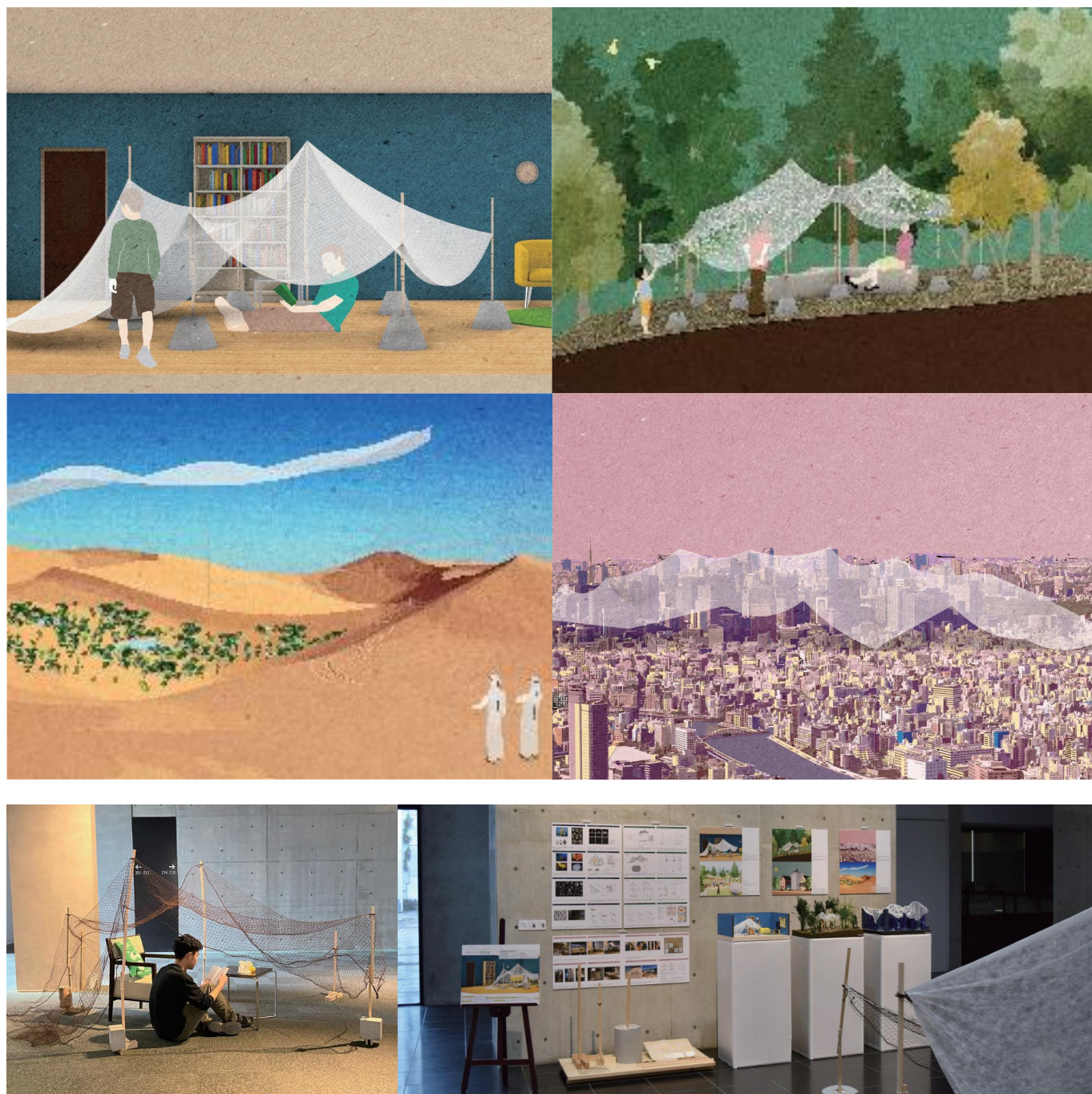
ひものようにしなやかで解くことのできる、解体・分解しやすい建築のつくりかた、など。とはいえ着地点はあまり先に決めすぎずに、まずは異領域との対話から生まれる思いがけない発見と導きに期待したい。

課題文の前半は2020年度とほぼ同じである。最初の出題から3年が経ち、初心に帰ることとした。素粒子物理学に、「弱い相互作用」という言葉がある。この弱い力が働く範囲は陽子の直径より小さいが、核分裂において重要な役割を果たしており、強い相互作用、電磁気力、重力と並び自然の4つの既知の力に関連する基本相互作用の一つであるという。2023年度の実験課題では、このように微かで小さく短命だけれど確かにこの世界を構成する重要な関係性を拾い上げることを、「弱い構築」というテーマで探求した。以下のページに続くのは今年の学生たちのそうした取り組みの成果である。

カイメン建築術

根城 颯介

海綿動物(カイメン)の骨格形成機構の研究を応用して建築を考えることを試みた。カイメンの体は上皮とそれを支える骨片骨格によって形作られ、その体づくりの過程は、あらかじめ決められた設計図通りに形作られるのではなく、外力に応じて骨片の柱や梁を調整したり、改築を繰り返して栄養の豊富な方に移動したりするなど、場当たりの形作られる自己組織化である。棒材を単純なルールで組み合わせ、膜によって領域を作り、カイメンのように可変的で柔らかな建築を考える。まず、単純なカワカイメンからヒントを経て、1/1のスケールのモデルを製作し、部材の選び方・部材同士の繋ぎ方・膜の物性などの検討を重ね、人が心地よく包まれる空間を実現させた。また、ひと1人を囲うスケールから、アクティビティを囲ったり、都市を囲ったり、スケールを上げることによる応用と活用例のスタディを行った。スケールが上がるにつれ、生成原理は人の手を離れて、日射制御や風など、外部環境であるような大きなものに変化し、都市の夏の日射を軽減したり砂漠の緑化に繋がったりするなど大きな環境にも何かしらの影響を与える存在になるだろうと考えている。



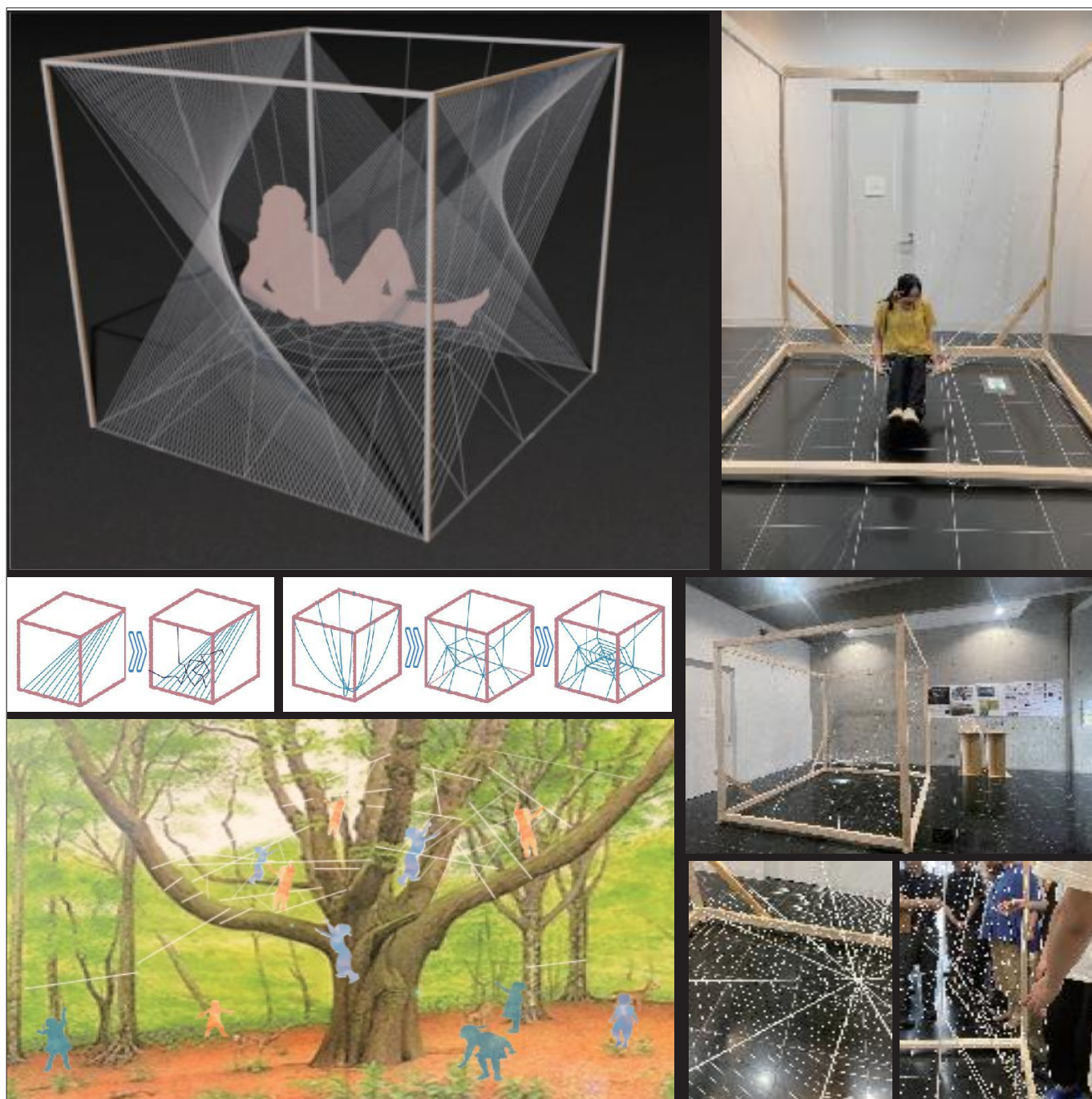
本田 凌也

66 | traverse24

クモの糸を編む

船留 祐希

クモの糸は、生体適合性や生分解性に加え、軽量で鋼鉄や炭素繊維と同等の靱性とナイロン繊維と同等の伸縮性を合わせ持つことから高い衝撃吸収性が求められる構造材料として応用が期待されている。これまで量産に課題があったが、本学大学院の沼田圭司教授が、遺伝子組み換え技術により生み出された紅色光合成細菌を用いて海水と空気を原料に人工的にクモ糸を作出することに成功した。私は、この未来の構造材料として期待されるクモ糸を用いて魅力的な空間が作れないかを考えた。今回は、実際にクモが人間のスケールで糸を編んだような空間をコンセプトに、仮想単位としての立方体の空間に糸を張り巡らせる方法と公共空間に糸を張り巡らせることを提案する。前者はダイアグラムに示すように、線織面とクモの円網を模した部分に分けられる。この基本の張り方に人々が自由に横糸を編みこんでいくことで空間が完成する。後者は森に糸を張る例を示す。不規則に林立した木々に自由に糸を張り巡らせることで空間が完成する。どちらも人々が空間を造る主体として場に参加することに寄与できればよいと考えて提案している。



半場所建築

宮田 大樹

既存の場所をそのままに、新たな機能を与えることで、新たな空間として捉えなおすことを考えた。最低限の境界を作り、連続する場所の一部でありながら、他とは区別されて認識される空間を作ることを実現し、これを半場所と呼ぶ。同じことを行う場合でも、異なる半場所で行えば、その体験は異なるものとなる。例えば、同じ音楽を聴く場合でも、都会で聴くのと田んぼの中で聴くのとでは違う価値を持つ。そうして、作られる多様な半場所は、あるとき、だれかのための場所となる。

半場所は京都大学野生動物研究センターのフィールドミュージアムプロジェクトから手がかりを得た。フィールドミュージアムは、アマゾンを舞台に、自然環境の一部分を切り取ることで自然のありのままの姿を展示する動物園である。こうすることで、人間の都合に合わせたハコモノの動物園ではなく、動物の都合に合わせた半野生での展示が実現できる。それぞれの動物の住んでいる場所を切り取ることで動物本来の姿を観察できる。

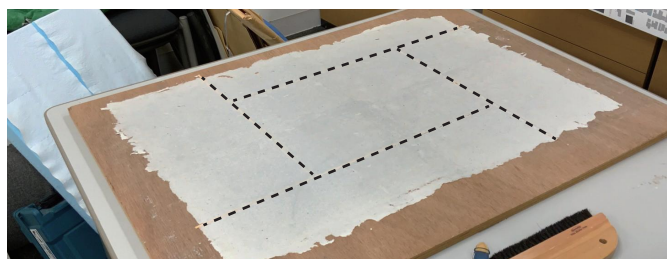
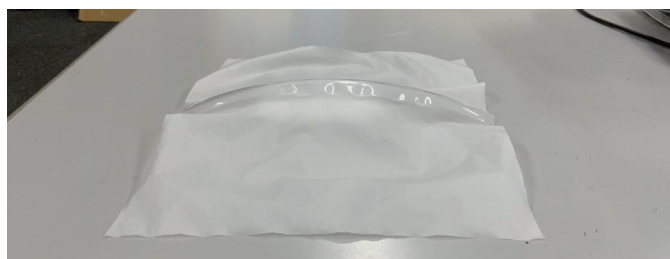
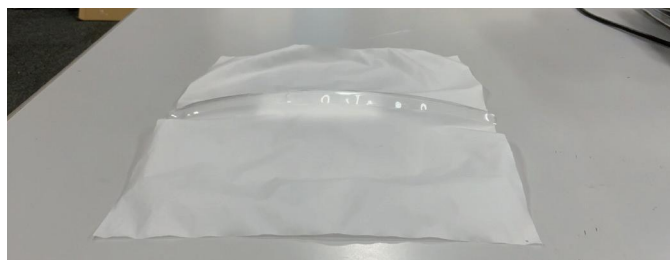
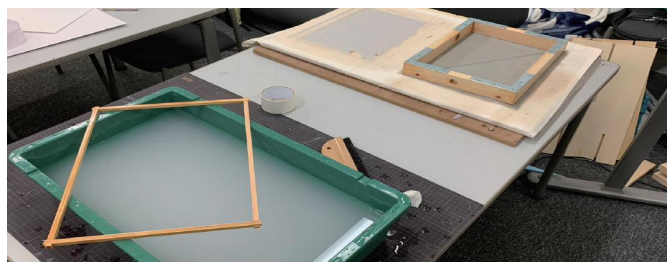
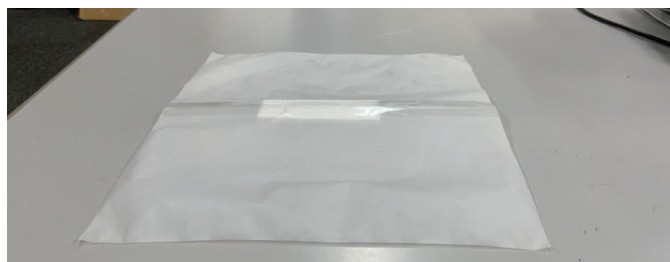
このような半場所の実現のために、フレームだけの壁とフレームだけのドアという物理的意味をなさない境界を用意した。



紙の乾燥収縮を利用したアクティブ・ベンディング

上田 瑛藍

紙はセルロースをはじめとする繊維の集合であり、以下の2つの性質がある。(1)繊維方向に偏りがある。(マジョリティの方向を目と呼ぶ。)(2)乾燥状態では繊維同士が水素結合により結合し、含水率が高くなるほど繊維間に水分子が入り込む。つまり「紙は水を含めば伸び、乾燥すれば縮む。その変化は目に直交する方向に顕著である。」となる。ここで、含水率変化による伸縮率が異なる素材を紙と接着し、紙の含水率を変化させてみる。今回は紙よりも伸縮率の小さな素材を用いた。左列の写真は湿らせたトレーシングペーパーに厚み0.3mm幅5mmのプラ板を貼り、自然乾燥させた様子である。写真ではプラ板を目に直交するように貼り、プラ板付近が $r=130.0\text{mm}$ の曲率で安定した。目に平行に貼ったものは $r=599.0\text{mm}$ であった。手漉きでも同様の実験を行った(右列)。破線は厚み1mm幅3mmのヒノキ棒で、それぞれ2→3枚目、4→5枚目のように変化した。紙を素材とする以上、乾燥収縮のシワの制御や紙の強度的性質による制限に難しさがある。一方で、乾燥後も気温や湿度によって形状を変化させるなど、「弱い」ことで生み出される性質を活かしたい。



発酵する住宅

寺西 志帆理

日本で最も発展した発酵文化である、麹と共に暮らす家を考える。

大部分が温暖湿潤気候に属している日本は、菌の生息に適した環境である。さらに地形は南北に長く、日本の発酵文化は地域に根差して多様に発展し、日本の食文化を支えている。一方、住宅に対してカビは負の存在である。湿気の溜まる床下や水回り、雨風に晒される屋根や外壁、結露を起こしやすい窓などから腐っていく。

発酵と腐敗は隣り合わせだ。菌による変化が人にとって良いものであれば発酵、悪いものであれば腐敗になる。菌に恵まれた日本の環境を活かし、発酵菌とも腐朽菌とも上手く付き合いながら暮らす住宅が考えられないだろうか。

結露の起きやすいガラス窓をガラスのボリュームに置き換え、温度・湿度調節機能が異なるガラス室 / 土壁（薄） / 土壁（厚）を配置する。季節によって室の環境をそれぞれ変化させ、人と菌の過ごす場所が移りながら菌と共生する暮らしを営む。



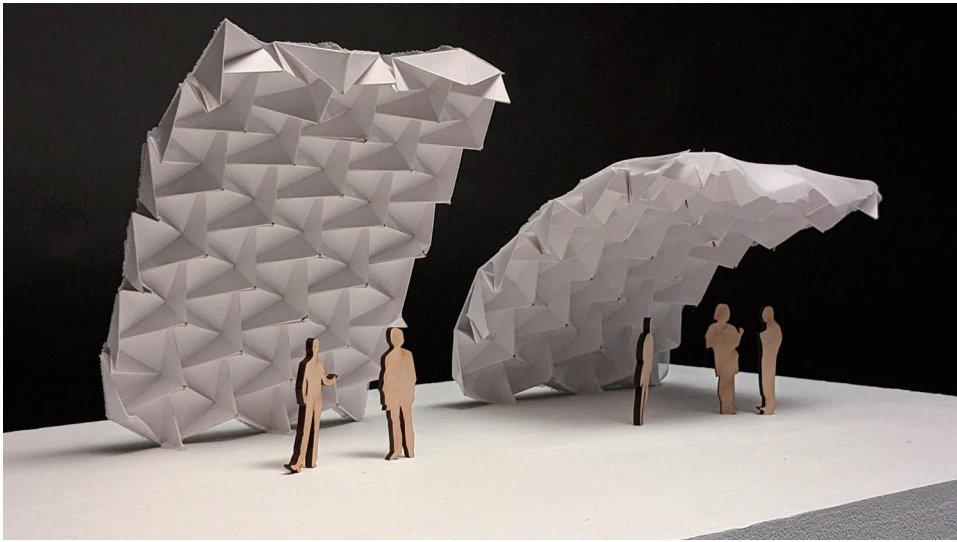
植物×折り紙×膜構造

野村 祐司

自然界の減少を建築に応用するバイオミメティクスを実践する。植物は、自力で移動することができない代わりに、周りの環境条件に適応しながら生き延びている。特に植物の葉は、取り込む光量を調節するために天候によって葉を萎れさせたりピンと張らせたりする。これは、内部の水分量を調節して細胞壁を水の圧力で押すことで「膨圧」という膨らむ力を生じさせる植物独自の仕組みである。この膨圧による葉の開閉を模倣して、天候によって形状が変わる膜構造の壁を設計した。

ロンレッシュパターンという剛体折紙と吸水ポリマーを利用して、植物のように折紙構造が開閉するシステムを考える。折紙構造の外側を膜材で覆い引張力をかけることで、水分を含むと折紙のヒンジ部分が膨張して展開する力と膜がそれを引き戻す力が釣り合い、剛体折紙が曲面形状で固定される。この機構を用いて、雨に当たると形状が変化し、壁・屋根が一体となるような建築を提案する。

植物のように自然に身を委ねて形・機能を変える建築である。



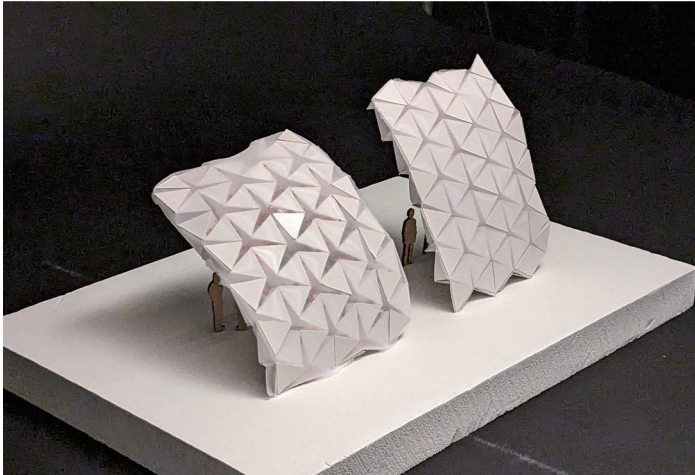
膨圧の実験



水含む前



水含んだ後



膨圧と折紙機構の実験



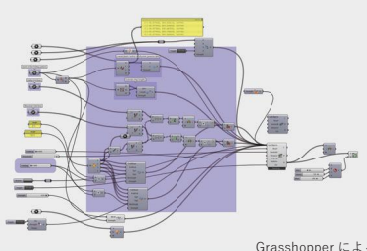
折りたたみが開く様子

Structural Method

膨圧による圧縮力と膜材料による引張力を利用した膜構造。折紙構造の外側を膜材で覆い固定することで、水分を含むと膨張して開こうとする折紙構造に対し、膜材の引張力で釣り合い、剛体折紙が曲面形状で固定される。
Grasshopper による形状変化のシミュレーションを行い、雨水など水分を含むと屋根状に広がる構造体を設計した。



膜構造モックアップ



Grasshopper によるシミュレーション

京都大学研究者 / 小見山研四回生

船山 典子×根城 颯介 対談



根城颯介さん（写真左）と船山典子先生（写真右）

スタジオ課題で四回生の根城さんが選んだ船山先生の「カイメン」の研究と、根城さんが行ったスタジオ課題についての具体的な話を聞くことで、建築と異領域を掛け合わせることにどんな可能性を見出せるのか、私たちなりに考えてみたいと思います。

——最初に、「カイメン」の研究について簡単に教えてください。

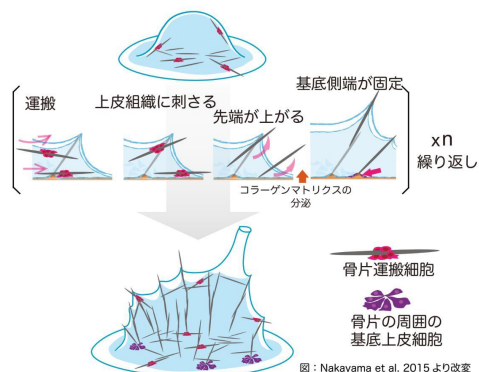
船山 私たちの研究分野である発生生物学とは、生き物の形がどのようにできるのかを研究するものです。専門家としては、動物門としてくくった時に、形のバリエーションがかなり多いというのが面白い。カイメンは動物の中でも、大昔、多細胞動物が進化してきた時代に他のグループと分かれて今に至る種類です。けれども、ちゃんと現存しています。これまであまり複雑な仕組みをもたないと考えられてきましたが、生存戦略的にはかなり優れているんです。枝分かれが早かった分、動物として優れた仕組みを洗練する時間が長かったからだと考えられます。人間のように複雑ではないと思われている動物でも、こんなに形にバリエーションがあるのはなぜか、それが私たちの研究の目的です。詳しくいえば、カイメン動物は4つぐらいに分かれますが、メジャーな綱としては、普通海綿綱というのがあります。現存する種の90%以上はこの大きなグループに入っていて、私たちの研究対象でもあります。

このカイメンの体の一番外側は上皮と呼ばれるすごく薄いシートみたいな多細胞組織でできています。それ自体では形を保てないほど薄く、骨片と呼ばれる骨組みで支えています。骨片は長さが大体200 μm から300 μm くらい、太さは4 μm から太くて13 μm くらいあります。細胞が骨片をたくさん運び、立て、繋げます。そうしてできた骨格によって、体のかたちが決まります。特徴として、いろいろな体のかたちを生み出せます。動物は大体、種ごとのかたちやプロポーションが決まっている。一方植物は、葉っぱや枝のかたちとか数が個体によって全然違いますよね。カイメンは動物でありながら植物みたいに柔軟に成長できて、種の特異的な形はあるけどそのバリエーションがすごく大きいです。

普通、動物は受精卵が分裂してって、徐々に細胞の数を増

やしながら徐々に秩序が決まり形をつくっていきます。カイメン動物の場合は数千個の細胞からスタートしても柔軟にちゃんと体をつくることができます。とにかく柔軟だから、研究の中で今まで知られていた動物の形づくりとは全く違う仕組みを見つけられるはずと考え、本当に見つけることが出来ました。

今までの発生生物学の研究では一般的に、前後やその間の位置情報が決まって、それに対応して細胞の変化の仕方が決まるんですけど、カイメンの場合はそうではなく、自律分散システムと呼んでいるシステムが成り立っています。そのシステムでは形をつくる一連の過程がそれぞれの担当に分かれて行われていて、1段階目担当は1段階目を、2段階目担当は2段階目を行います。工場なんかと同じシステムで、生産効率が良いんですね。カイメンの場合には、1本の骨片を立てたり、繋げたり、5段階に分けられるということが分かってきました。そしてその過程で上皮をうまく使っていることも分かってきました。そうして上皮を3次元的に広げながら骨片を継いで骨格を延長して水底に固着しながら周囲の環境に応じて多様な形をつくりあげることに成功しています。



図：Nakayama et al. 2015より改変

カイメンが形をつくりあげる仕組み

——根城さんがこの研究を選んだ理由を教えてください。

根城 このスタジオ課題は、最初に京都大学でされている面白い研究をみんなで集めようということから始まったのですが、各々いろいろなところから情報をかき集めていました。京都大学研究のお知らせページや、プレスリリースとか、京大先生シアターみたいところで。一人10個くらいずつ持ち寄って、これってこういう建築に使えるよねとか、持ち寄った研究を共有し合ってブレインストーミング的なことを行いました。そんな中で僕はカイメンの研究に出会ったのですが、骨片を柱と梁みたいに組み合わせてつくっていく、まさに建築的な体のつくりにかたにまず面白さを感じました。また、宇宙や深海のようなまだ環境があらかじめ分からない場所でも、カイメンの柔軟な体づくりを応用することで、建築を建てられるようになるかもしれないという応用可能性について、船山先生が記事の中で言及されていたのを拝見して、それを建築側の視点からやってみたら面白いのではないかと思ったのが、カイメンを選んだきっかけです。

——今までも異領域の活動に船山先生の研究が応用されることはありましたか。

船山 建築関係の方や都市デザインをやっている方たちに興味を持っていただくことはたまにあります。例えば都市デザインへの応用で、骨片をビルに見立てるといった感じで。それで道をつくるとか、拡張するとかに繋がりそうとかいうコメントをもらうのだけど、お互いあまりピンとこなくて、それでおしまいになることが多いですね。興味はもってもらえて少し反応もあるんだけど、その先は特に進まない。東大の工学系にも知り合いがいるから、色々言ってみたりはしたんです。カイメンの細胞ロボットをつくりたいとか。アルゴリズムを使えばできるんじゃないかと思ってたけど、やっぱり上皮に刺して、そのあと刺したものを動かすというのは、現実的には難しいと言われました。ですので、何か形になったのは今回が初めてです。

——課題を進めていくにあたり、どのような試行錯誤があったのでしょうか。

根城 最初は、カイメンの骨片が膜に刺さって持ち上がる仕組みを素直に建築にしてみようというところから考え始めました。これは初期のスタディです。



初期のスタディ（上）/ 接合プロセスの検討の様子（下）

まずはポールを刺したシートで空間をつくるところから始めました。カイメンを応用するにあたって骨片の代わりにポールを、上皮の代わりにそのシートを用いて建築の部材に見立て、テントのようなものをつくりました。カイメンの場合、骨片を運ぶ作業員は細胞ですけど、人間が作業員の役割をして、自分が立てたいところにポールを立ててテントを拡張していくという発想です。なんとなく、柔らかくて包まれるような建築をつくりたいなっていうふうに思っていて、まずは普通のテントに近いスケールで考え始めました。テントって普通、あらかじめ形状が決まっているじゃないですか。布の形もポールを刺す位置も固定されていますよね。それをどんな場所でも、例えば、傾いた場所やでこぼした場所でも立てることができたりとか、もうちょっとあそこ広げたいなと思うところに広げたりして空間を拡張していくイメージで、人の手のつくれるサイズで初めは考えていきました。

——カイメンの体を形成する仕組みを建築に応用するにあたり、難しかったことは何ですか。

根城 まず大変だと思ったのがスケールの違いです。カイメンってすごく小さいじゃないですか。カイメンのサイズでは無視できても実際に実現させることを考えると、支える自重や風などの問題で、すぐに倒れちゃうんですね。逆に強度を持たせようとして部材を大きくしすぎても、重すぎて手で刺すことができなくなるし、持ち運びがしにくくなるなと思いました。なので、できるだけ細い部材でつくろうと考えていて、そのためにどれぐらいの細さだったらいけるかなど、実際に1/1のスケールで確かめながら、トライアンドエラーを繰り返してスタディを進めていきました。

実際に海辺でつくってみたりもしたんですけど、この時は風が強くて、ネットが引っ張られて全部倒れてしまうということがありました。基礎をしっかりと固めるのが一つ大事だなという気付きがありました。



海辺でのモックアップスタディの様子

あとは、カイメンは水中にいて、それを地上でそのまま再現することは不可能に近いという考えから、表面的に真似するのではなくて、原理のところに着目してつくろうという考えに徐々に進んでいきました。

最初は1枚の大きいシートでつくっていたのですが、それだとポールを立てる場所がランダムでどこに立てたらいいかわからなくなったりとか、テントとして綺麗な形が出なかったりし

たので、三角形のシートを繋ぎ合わせた巨大なシートをつくって、その頂点にポールを刺せるようにすることで、刺す位置を分かりやすくして使いやすくするというのと、デザインとしても綺麗にすることを工夫しました。この部分はカイメンとは違うんですけど、自分なりに建築的なアイデアを持ってきてつくったところだと思っています。

——カイメンは骨片を指す場所の選択肢が無限にあって、拡張される形もランダムだけれど、根城さんが建築にした時には、刺せるポイントがある程度絞られた選択式になったということですね。

根城 そうです。選択式にすることで、刺して拡張するという仕組みは変わらないんですけど、より実用的になることを考えていました。

船山 多分カイメンだと、上皮の細胞のパーツが膜といっても細胞なので、刺してもそれに沿って三角の部分を自然に引っ張られてちょっと縦長に形を変えることもできるんですけど、それはシートでは難しいんだと、話を聞いて思いました。根城くんの作品は、三角を組み合わせているだけで、それだけで随分と現れる形が綺麗になっていると感じたし、あと安定度も上がっているのかなと思ったので、なるほどと感心しました。

根城 小見山研の方針で、1/1のスケールで実際につくってみて確かめるっていうことを必須としていました。小さいサイズの模型だとネットが軽すぎて浮き上がってしまって、実際のかたちが見えてこないんですよね。実寸大でつくってみることで、ネットが自重で下がって綺麗な形が出るのがわかりました。



モックアップ展示の様子

——船山先生、根城さんの作品をご覧になって、何かコメントはありますか。

船山 カイメンの骨格形成を応用するとしたら、こんな風にしたらもっと良さそうだなと思う点があります。

例えば、これは地上だし大きいから、強度を出すために土台にはある程度のフレキシビリティしかなくて、角度はまず垂直になってしまっています。でもカイメンの場合は、初めは体の端だったら60度ぐらいで、成長するに従って角度が大きくなっていくというようなこともできるんです。設置部分が例えば、ボールジョイントになっていたら、もっとガタガタしたようなところでも、安定した形をつくれるのかなと思いました。

あと、テントの高さをどこまで上げ下げできるかも、今は1パターンですけど、場所に合わせて変更できると面白いと思います。気温が寒くなってきたから低くするとか、柱ごとにその場その場で変えられると良いですね。

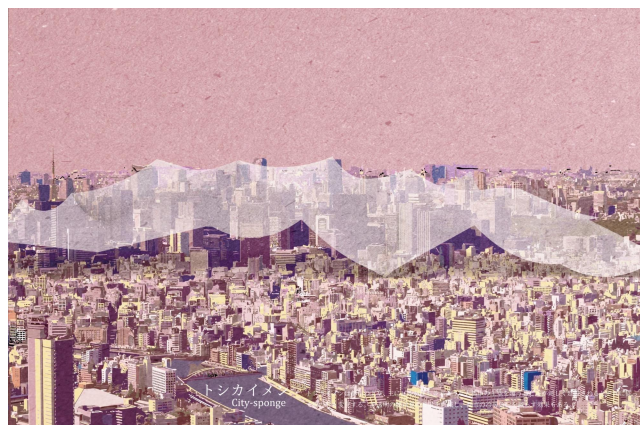
あとは、同じパーツを持っている人たちが持ち寄って繋げられると良いなとも思っていました。例えば私が1セット持っていて、根城くんも1セット持っていて、じゃあピクニックを一緒にやるとすると、シート境界がファスナー的に繋がって複数人で使えるように拡張できるとか。売っているキャンプ用のテントって、2人用と2人用があっても4人用にはならないですよ。そしたら、そのテントをそれぞれが1人用を持っていれば、何人用にも繋げられるってなったら便利だし楽しいと思います。

——カイメン同士も実際に繋がったりするのですか。

船山 そうなんです。カイメン同士が近いところに位置していると、成長してるうちに体が触れて、上皮とかも融合して、大きな個体ができることがあります。カイメン一つ一つでも成立しているけど、近くにいれば合体できるんです。膜の部分が合わさっていく仕組みも現在研究されています。基本的な生物の考え方としては、自分の細胞がそうじゃないかってことなので、自分の細胞だったら、つまり自分と同じ遺伝子情報だったら上皮同士がくっつく、というふうになっています。開いた傷口が閉じるのと同じような仕組みです。

——船山先生のコメントを踏まえ、今後考えてみたいことなどはありますか。

根城 今まで話していたものは、人が作業員となって、自分の意志で好きなところに立てられるという設定を考えていたんですけど、実際のカイメンは、別に細胞自身がそういう意識を持ってるわけじゃなくて、細かいルールとか、外側の要素、例えば水流などに応答して体をつくっていますよね。そういう原理をもっと応用すれば、例えばコンピューターでどこにどう部材を繋げていくかというルールを決めさえすれば、いろんな環境で自動的にロボットが建ててくれるみたいなことも実現できそうだなってことを考えていました。今回は、よりもっと大きなスケールになった時に、人間が建てていくんじゃないかなってどういうふうな建て方があるんだろうとか、どういうふうな形で使えるんだろうかということも追加で考えました。例えば、膜が都市のビルを覆うほどの大きさになった時に、ビルがもししたら骨片の役割を果たして、ビルが新しく建設されるに従って都市の生活の中で気づかないうちに膜が上下してるということが起こったら面白いなと思いました。それが、日射とかをカットしてくれて、都市を少しだけ涼しくしたりできるんじゃないかなということも考えていました。



「都市カイメン」のイメージ

——今回は人間の手で作るような小さなスケールの部分で具体的に設計されていましたが、スケールが大きくなった時に、もっと深く考えてみたいことはありますか。

根城 スケールが大きくなったときに同じルールでどこまで応用可能性があるのかなっていうのを個人的に探りたいです。人の手で建設できるぐらいのサイズだったら割と同じルールでつくれるかもしれないけれど、それがもっと大きくなった時に、刺して持ち上げてみたいな同じルールでつくれるかっていうと、部材の重さとか大きさとかもちろん変わってくるから、おそらく同じルールではつけれないっていうことになってくる。そもそもこのスケールまでしか対応してませんよみたいな話が、生物の仕組みを応用する上ではあると思うんですよ。だから、大きいスケールに応用するときに、部材の接合の詳しいプロセスを模倣するのではなく、カイメンの骨格形成機構を単純な部材をローカルなルールでつなぎ合わせていき膜で空間をつくるということまで抽象化した上で、部材自体の形を変えたり、組み合わせを変えることで応用できないかなということを探る必要があると思います。

——最後に、建築に異領域を応用することについて、お二人の意見をお聞かせください。

根城 京都大学の研究を皆で持ち寄ってどうやって建築につなげようか話していた段階で、異領域を建築に応用する方法として3つぐらいのパターンがあるんじゃないかということをもみなで見つけ出しました。

1つは、その生物とか植物の形態とかをそのまま使ったり、仕組みをそのままスケールを拡大したりして使うというやり方。2つ目は材料系の話で、クモの糸とか、セルロースナノファイバーとか、特徴的な性質を持つマテリアルを新しい建築の資材として使うというやり方。3つ目は、直接的に研究内容を利用するのではなく、建築的解釈を行った上でメタファー的に利用を行うというやり方です。例えば、法律の研究をしている人がいて、法律を、建築を生成するルールと置き換えて研究内容を利用してみたいといったような取り入れ方です。僕の作品の場合は、1つ目のパターンに当てはまると思います。

カイメンに限らずですが、生物の持つルールや原理を建築に利用するというのはバイオミクリーとかバイオメティクスといった話で、建築とも親和性が高いと思います。生物を模倣して、ある目的があり、それを最適にするように形を決めるというのはコンピューターでシミュレーションできる時代だと思います。

また、生物から建築にするとときに、生物の場合は自分で動いているから、無限に選択肢があるし、無限の形があるけれど、建築とか都市をつくるうえでは生物のようにおのずと形が決まっていく訳じゃないから、自分で変数を決めたり、ルールをすべて設定しないといけないのが大きく違う部分だと思いましたね。

船山 そうですね。あまり都市レベルで考えたことはないけれど、成長する建物みたいなのができたら良いのになって思ってるんです。今は増築はできるかもしれないけれど、そんなにフレキシブルには変えられないじゃない。本当に人が住むことを考えると色々問題があるのかもしれないけれど、植物でも動物

でも、カイメンでもそうだと思うけれど、どんどん形が変化していて、付け足しても安定した形になるみたいな、成長する建物ができたら良いですね。SFの世界の、水中の建築に植物的なものがあるじゃない。ああいうイメージの。

根城 それこそ、宇宙建築に向けた開発などは進んでいますよね。地上から衛星を折りたたんで宇宙に持って行って、宇宙空間で自動的に開くような仕組みの建築も開発されています。また、水中に関しても、水中都市とか水上都市のような発想も、進んでいるプロジェクトとかたくさんあるなって思っていて。そういうところで船山先生がおっしゃったような環境に応じて形を変えていく仕組みは、建築や都市に応用できそうだなと思いました。

船山 人間の知識をもってしたら、これぐらいの深さだったらこのぐらいの荷重がかかってとか、これぐらいの水の動きがありそうとかは分かるのかもしれないけれど、過酷な環境だとどんな条件も変わってくるし、ましてや宇宙なんて想像しきれないじゃない。そんなときに、カイメンの骨格形成的な仕組みだと、この応力がかかったときに、色々細かく何パーセント変更してとかいうようなことをしてなくても、ただ単に物理的な力がかかると、単純に上皮の上がる速度が下がるから、同じところに骨片がいっぱい刺さって繋がられて柱が太くなることで太くなることで強度が保たれる、というように単純なルールでその場に最適化できるから、なんかこう、予想外な状況でも対応できるっていうようなところが応用できればいいのになって。飛行機や衛星が着陸するときでも、地面が想像したよりも柔らかかったりとか、温度や硬さが予想とちがっていたりとか、あるじゃない。そういう時にも、角度を変えて、足場でちゃんと着地できるとか、ノイジーな感じが多かったとしても、それにアダプトできるっていう部分は学べても良いんじゃないかって思う。建築の技術がどこまで行けるのかとか、物理的な制約があって、ファンタジーじゃないから難しいとは思ってるんだけど。考え方として、やっぱり当たり前なんだけど、建築は設計図ありきじゃないですか。絶対それは必要だとは思いますが、細かいところはその場で微調整可能みたいな、しかも自律的に微調整可能みたいな仕組みがあったら、未知の環境での予想外の事故みたいなのを避けられるし、発展性があるのかなって思います。

根城 生物が持っている仕組みって案外単純じゃないですか。カイメンにしてもすごく単純だと思います。多分他の生物とか植物も意外と難しいことはやっていなくて、表面的に生物を模倣するのではなく、原理の部分を理解することが建築的な応用につながるのかなと思います。

(画像提供：根城颯介)

船山典子

京大大学院理学部理学研究科 生物科学専攻高次情報形成学講座 准教授。
進化発生生物学的に重要なカイメン動物に着目、解析手法をほぼ全て独自に工夫・開発し独自の研究を行っている。カイメン動物の骨格形成機構に着目、細胞が微細なケイ酸質の針(骨片)を産生、ダイナミックに体内を運搬、建て・繋げるという、新しい形態形成機構の存在を発見し、解析を進めている。また、有性・無性生殖、再生、恒常性の維持を行う、カイメン全能性幹細胞を自在に制御する細胞・分子機構の解析を行っている。