

13 コンピューテーションが形作る建築空間

Architectural Space Shaped by Computation

プロジェクト

林研究室

Hayashi Lab

京都大学大学院工学研究科建築学専攻 建築構造学講座 林研究室

Hayashi Lab develops innovative architectural/ structural design methods through novel computational techniques for safety, efficiency, sustainability, and aesthetics. (林研究室では、安全性、効率性、持続可能性、美しさを考慮した新しい計算技術を通じて、革新的な建築 / 構造設計手法を開発しています。)

(執筆：長友 蓮)

総評 長友 蓮

構造系の研究室のスタジオは、これまで、2021 年度と昨年度の大崎・張スタジオ、今年度の林スタジオの3回開講されている。

今年度の課題内容について

近年の計算機の性能や施工・製作技術の急速な発展にともない、多様な建築形態がデザインされるようになった。意匠のみならず、構造・環境・施工などの種々の設計条件を満足し、それらを高度に統合するためには、デザインとエンジニアリングを横断できる設計者の存在がますます重要となるだろう。本スタジオでは、解析ツールやプログラミング、デジタルファブリケーションを設計過程で積極的に用いて、コンピュータによる形態創生・解析技術が拓く革新的なデザインを探索する。プログラム・敷地等に制限は設けない。構造系教員が有する構造解析・形態創生のノウハウを吸収しながら、＜現実世界－バーチャル空間＞、＜人間の直感－コンピュータによる自動化＞が調和した新時代の建築設計プロセスを組み立てる。構造力学やプログラミングの知識を適宜吸収しながら課題に取り組むものとする。

意匠・計画と本スタジオの関係について

今年度の新たな試みとして、平田研究室との合同エスキスが開催された。これまで2回のスタジオ課題では、講評会以前に意匠・計画系の研究室の先生方と交流する機会はなかった。また、少なくとも昨年度は、提出直前に意匠・計画的な要素と無理やり絡めようとしたり、用途を切り捨ててパビリオンとすることで形態の話を優先したりしていた。しかし今年度は、5月13日に平田研との合同エスキスが開催されたので、比較的早い段階で、意匠・計画的な話を意識せざるを得なくなったのではないかなと思う。最終的に彼らの作品が、意匠・計画的にどれほどの完成度を持っていたのか、またこの合同エスキスが彼らの作品にどのような影響を与えたのかを私には判断することはできないが、この合同エスキスで「1分の1がほしい。」とおっしゃった平田先生の言葉がおそらくモックアップ製作のきっかけとなったと考えられるので、平田研との合同エスキスは非常に有意義であったと言えるだろう。

現実世界とバーチャル空間について

例年の課題内容との大きな違いは＜現実世界－バーチャル空間＞に関する言及である。これまで2回のスタジオ課題では、構造計算やGrasshopper上でのシミュレーションを行い、スケールの小さな模型は制作していたものの、実スケールでの検討はなされてこなかった。そのため、施工や製材、接合部、材料といった現実的な要素が欠如した提案が多く、バーチャル空間上にとどまった提案が多かった。しかし今年度は、スタジオ受講者3名それぞれが、実スケールもしくはそれに近いスケールでのモックアップを製作し、バーチャル空間から現実世界へと踏み出す提案を行った。この実践によって、バーチャル空間と現実世界のあいだにあるギャップを自らの手で埋める試みがなされ、より説得力のある提案となったと言えるだろう。

本スタジオの取り組み方について

本スタジオでは、既存の構造システムを選択し、再現し、応用するという設計方法が定着しつつある。この設計方法は、Grasshopperやプログラミングを学びながら、構造と意匠の統合を体験できるという点で優れていると思う。一方で、全く新しい構造システムが生まれることはほとんどなく、ある程度その全体像が見えている「正解」を目指し、その道筋をたどるという行為は創造的なのかという疑問が残る。もちろん、その過程に技術的・思想的困難があることも、3ヶ月という短い期間で新しい構造システムを構想することが容易でないことも理解しているが、どこか味気なさや、もどかしさを感じてしまうのも事実である。まだ見ぬ「正解」が次なるスタジオで誰かの手によって形になることを、心から楽しみにしている。

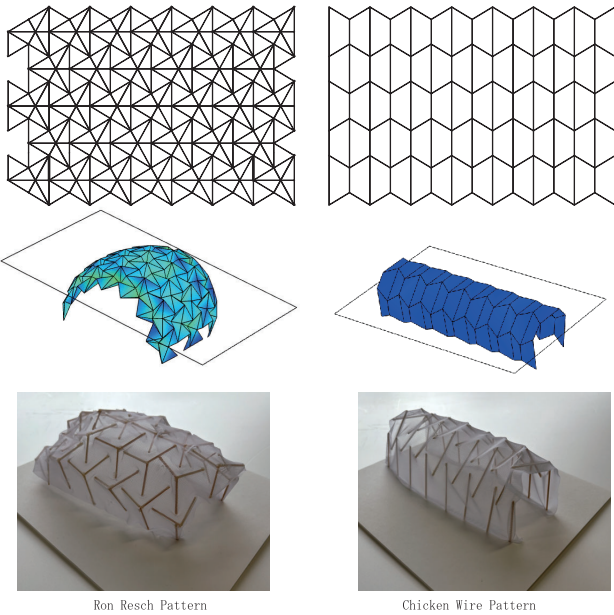
膜が立つとき 佐合慶哉

膜テンセグリティと折り紙

引張力と圧縮力の釣合で成り立つテンセグリティという構造がある。膜テンセグリティ構造は、伸縮性のある膜材が張力を負担し、そこに圧縮を受ける棒材が接続することでテンセグリティ構造をとる。

既往研究により、いくつかの折り紙と膜テンセグリティが対応していることが判明している。折り紙の外側から見た谷線部分を圧縮材に置き換えることで、膜テンセグリティ構造として成り立つ。膜テンセグリティの張力の強さが折り紙の折れ具合とも対応している。

膜テンセグリティとの対応が示されているパターン



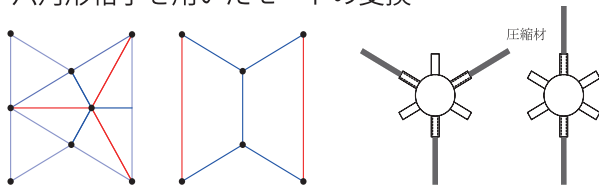
Ron Resch Pattern

Chicken Wire Pattern

一枚の紙・布からつくられること

このパターンの折り紙と膜テンセグリティは、どちらも一枚の平坦な形状から立体を立ち上げているという共通点がある。通常、折り紙構造は折れ線や面が剛につくられることが多く、異なる折り方へと変形することはできない。しかし、膜テンセグリティは、圧縮を受ける材（山折り線）を付け替えるだけで、モードを変形させられる可能性を秘めている。

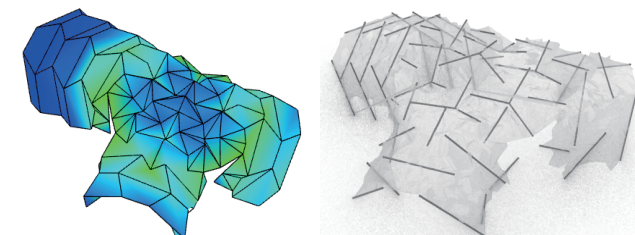
六角形格子を用いたモードの変換



左図：Ron Resch Pattern と Chicken Wire Pattern の山折り線の端点
右図：Ron Resch Pattern と Chicken Wire Pattern の接合部の例

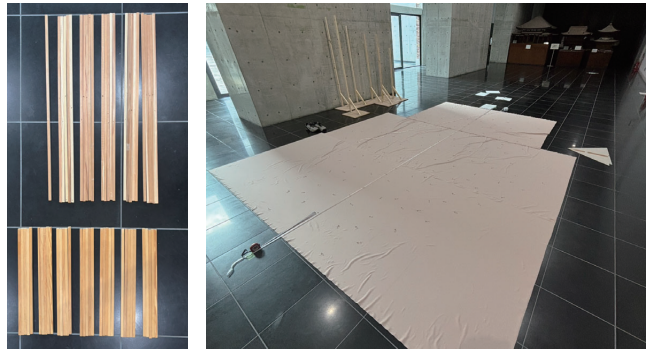
2つの折り方は折れ線の端点を多く共有している。端点の位置に六芒星形状の圧縮材用のポケットを膜につけることで、モード変形が可能となる。

折り方の切りかえの設計



異なるパターンの切り替えの折り方を設計することで、円筒とドームが重なった三叉状の膜テンセグリティを得た。

製作・施工



モックアップの製作。膜材は、中肉ハイテンションニット、圧縮材は、12mm 木の角棒を使用。昨春の卒業設計で什器だった450mmの角棒が大量にあったため、それに合わせてスケールした。想定するひずみは20%。

接合部

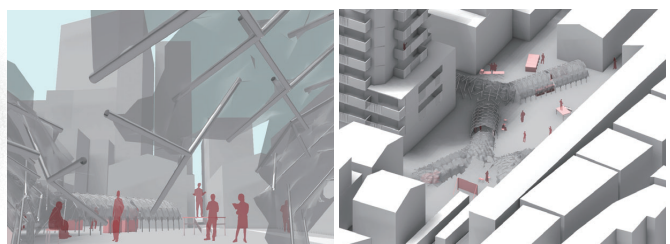
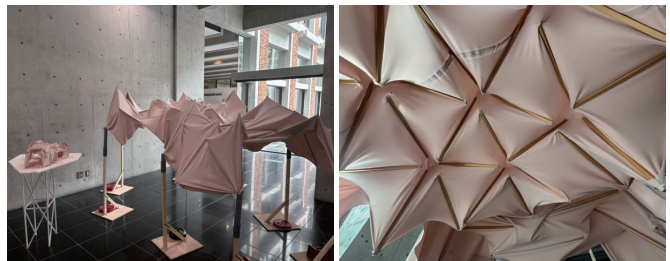


広げられた膜材に対し、正三角形のパターンを敷き詰め、膜に対して、安全ピンで印をつける。その点を結ぶように膜材を伸ばしながら、棒と結束バンドでとめる。

3本の棒が合わる部分は3Dプリンターで接合部を設計し、折れ角を固定する。圧縮軸力が棒に加わるため、簡単な接合でも、なかなか外れない。

提案

膜テンセグリティを非道路に囲まれた再建築不可の土地に挿入し、展開するという提案をした。重機の入れない都市の隙間に、膜と棒だけを運び、空間を開くことで、その場所の新しく祝祭的な使われ方を期待している。



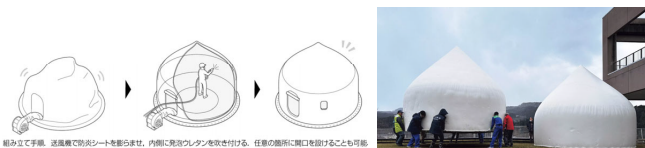
1. 趣旨

インスタントハウスという仮設物の施工方法を参考にして、仮設物そのものが独立して建つのではなく、場所や環境に呼応できるような仮設物、を設計した。その際、RhinoCeros 内の Grasshopper を用いてパラメトリックデザイン、解析を行った。

2. インスタントハウスについて

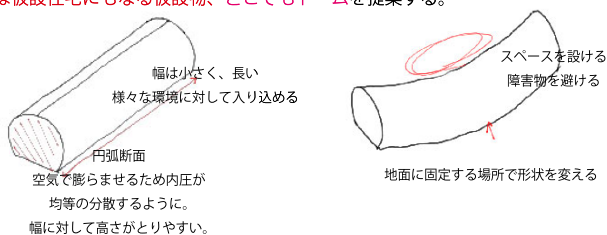
インスタントハウスは名古屋工業大学の北川啓介研究室によって設計された仮設物であり、以下の特徴がある。

- ①送風機で膨らませた後、発泡ウレタンを吹き付けて 固着
- ②数時間で施工可能、**応急仮設住宅**として利用可能
- ③開口部を好きなところに空けられる。



3. 提案

インスタントハウスの施工方法の柔軟性を利用した、**周囲環境と呼応し、非常時には仮設住宅にもなる仮設物、どこでもドーム**を提案する。



4. どこでもドーム

防災シートのドームを膨らまし、発泡ウレタンを吹き付けてインスタントハウスと同様に施工。場所に合わせて形を変更することができるようにしたい。



	インスタントハウス	どこでもドーム
設置場所	平坦な場所に設置が原則	傾斜、障害物があっても可能
形状	幾何学合理性 (内圧や外力に対し)	幾何学合理性 (内圧) 幅、設置場所により形状変化
用途	初めから住居	元の用途 + 住居
断熱環境	高断熱	基本高断熱

5-1. 設計 (計画)

概要

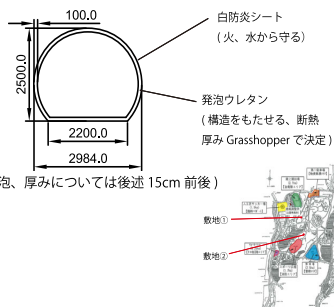
高さ :2.5m (均一、吹き付けやすい)
幅 (通路幅):2.4m~約 4.8m
幅 (仮設物全体):3.0m~5.0m

膜材: 白防災シート

吹き付け材 (構造材): 発泡ウレタン (30 倍発泡、厚みについては後述 15cm 前後)

敷地: 服部緑地 (右図)

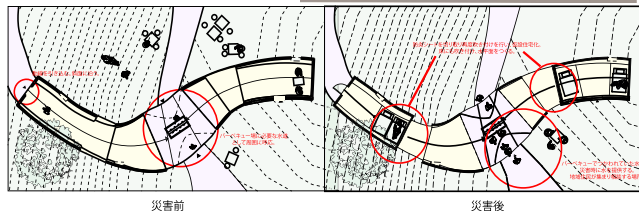
- ・広域避難場所、後方支援拠点
 - ・災害時には自衛隊、消防、警察の活動拠点
- 災害時に住居にもなる仮設物を設計する。



設計例

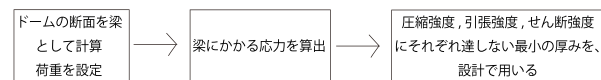
設置案

- ・バーベキュー広場に水場を設ける
 - ・動線を引き込むように配置
 - ・斜面にそのままのついているように配置
- 災害発生後
- ・被災者に水を提供する場 + 応急仮設住宅
 - ・復興の中心

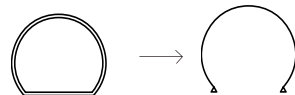


ウレタン必要量算出

以下の手順で簡単な構造設計を行った。



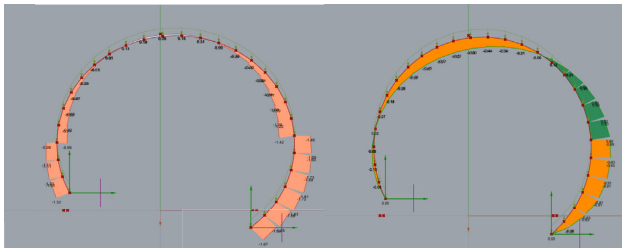
断面を一本の曲線の梁として解析する。線一本に幅 50cm 分のウレタンの荷重があるとして解析。両端ピン支持



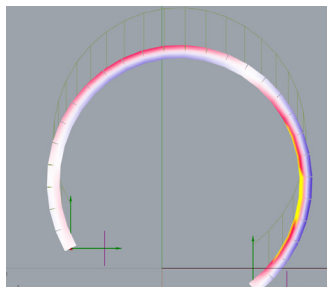
荷重条件を設定

- ①自重
- ②面応力 1kN/m2 (50cm 幅なので 0.5kN/m)
- ③水平方向荷重 (地震を想定、自重の 0.2 倍が水平方向にかかるとする)

モーメント図、軸力図、せん断力図から梁の断面に働く応力の算出 (せん断力は小さかったので省略)



軸力図 (圧縮が負、上側が引張を受ける) モーメント図 (正負が入れ替わる位置が制御不可、わかりにくい)



引張を受ける部分が青、圧縮を受ける部分が赤

結果

急勾配、傾き 12° とした時

幅 2.2m : 厚み 14cm

幅 5m : 厚み 10cm

- ・勾配が急なほどウレタンの必要量も多くなる。
- ・幅が大きくなるほどアーチ構造に近づくので基本的に厚みは小さくなっていく。

充填剤の発泡ウレタンを用いてモックアップを作成



変異の波 藤本旭

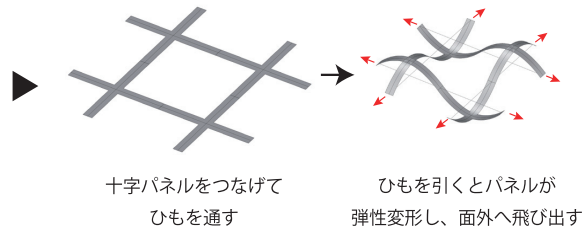
自由曲面を製作するためには普通、立体的な加工や接合部のねじれ、部材の大型化などといった様々な課題がある。そうした課題の解決のために、平面的な部材を弾性変形させることにより曲面を作成する手法である Bending-Active 構造を用いて自由曲面を作成する方法を考える。

上條によるラミネートフィルムとチュールを用いた手法に着想を得て、弾性的に曲がる十字型パネルとロープによるひっぱりによって曲面を生成する手法を提案する。

突然変異を起こすことを考える。
目立ちすぎず、控え目でもない方法で。

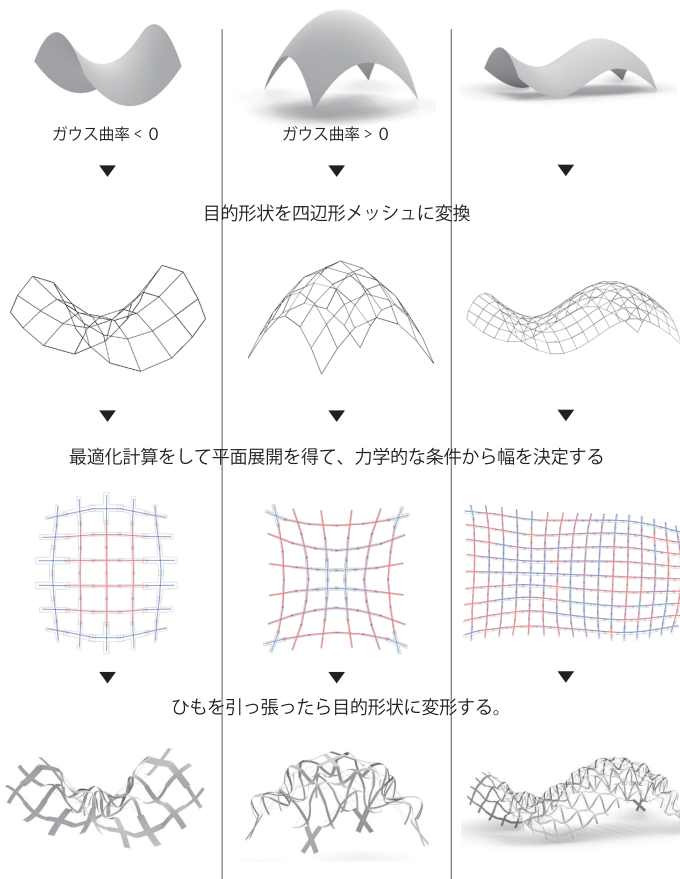


十字パネルと
ロープによる構造



- ・小さなパネルは運搬も容易
- ・大きさの制約がない

最適化手法



施工手順

