



## 構造デザイン研究室

Structural Design Lab.

白髪 誠一

SHIRAGA, Selichi / Associate Professor

# ロボットアームを用いて建設する竹造アーチ形式のパビリオンの架構計画

Flame planning of bamboo arch pavilion to construct with robot arm

## 序論

海外では、コンピューショナルデザインとロボティクスによって新たな空間の形態が創出される試みが行われている。しかし、国内において空間デザインとロボティクスの分野間の深い連携がある研究が積極的に行われているとは言えない。デザイン領域にロボティクスを導入することにより、これまでの伝統的な空間構成方法とは全く新しい空間形態が創出される可能性がある。

本研究では、1台のロボットアームを用いて、ロボットアームの可動範囲内において最大の空間を構築することを目標とし、竹の弾性たわみ曲線によって形成されるアーチにより構成される空間の形態を提案する。また、竹を使用することで資源の循環を可能とし、放置竹林・環境問題などの解決も期待できると考える。

## パビリオンの概要

ロボットアームを用いて建設するため、ロボットアームの可動範囲を考慮する必要がある。ロボットアームの可動範囲はアームのリーチを半径とした円形平面である。ロボットアームより大きな空間を目指すには、空間の内部にロボットを配置し作業させる必要がある。内部は無柱空間であることが望ましくなる。したがって、骨組みとなる部材は竹材を用いてできるアーチ形式を用いることが最適だと考えた。床面積の設定は一人当たり面積を2㎡/人とし、収容人数20人程度の東屋のような空間を想定し、半径3600mmの床面積40㎡となる円形平面とする。円形平面上に部材長さの等しいアーチを等間隔に配することで、パビリオンの高さに一定の変化が生まれるような空間を作り出す。

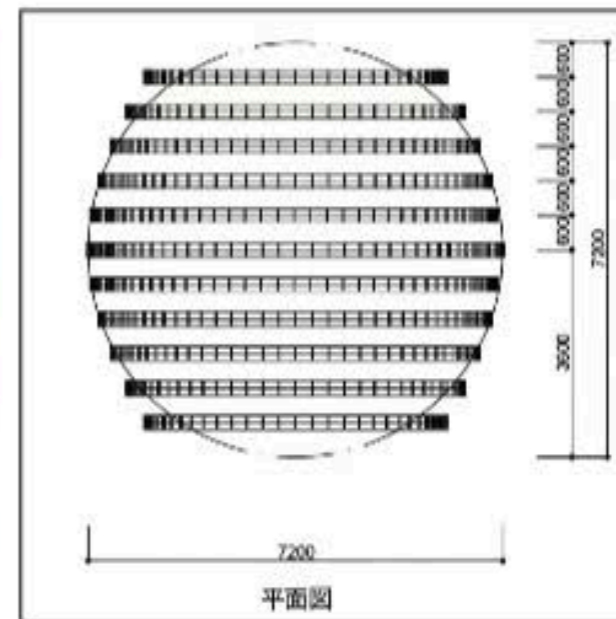
## 断面設計

アーチの形状は部材断面・設計荷重によって決定される。断面設計を行うことで設計荷重における竹アーチの変形量・反力・応力を算出し、より合理的なパビリオンの骨組みとなる竹のアーチの形状を明らかにした。



高見澤 良平

TAKAMIZAWA, Ryohei



# ロボットアームを用いた竹造アーチ形式パビリオンの架設計画

Planning to fabricate bamboo arch pavilion using robot arm by Scale Model

## 序論

海外ではコンピューテーショナル・デザインとロボティクスによって新たな空間の形態が創出される試みが行われている。このような取り組みはシュツットガルト大学のReserch Pavilionや、Joris Laarman LabのMX3D Bridgeなどの研究事例がある。しかしこのような研究は国内においてほとんど見ることができない。またロボットアームは可動領域内に収まる大きさの物に対して使用されることが多く、ロボットアームの可動領域外の大きさのものに対して使用されている研究事例もほとんど見ることができない。

本研究では、ロボットアームを用いて、竹をしならせることによりアーチを形成し、そのアーチからなる竹造アーチ形式パビリオンを架設することを目的とする。ロ

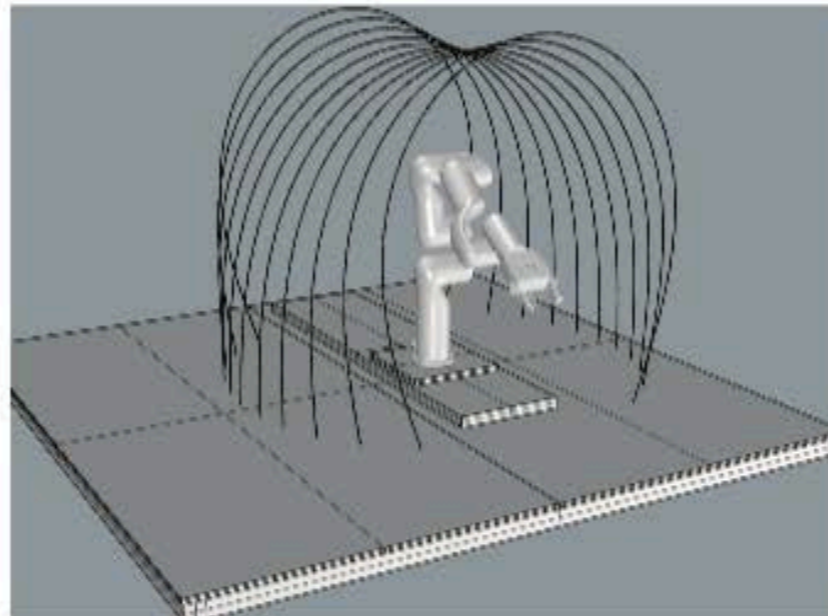
ットアームの可動領域を把握し、可動領域外の大きさの竹造アーチ形式パビリオンの架設方式について研究する。

## 竹造アーチ形式パビリオンの概要

竹造アーチ形式パビリオンは11本の異なる形状の竹造アーチからなるパビリオンである。竹造アーチの形状は、竹材の長さで支点間距離を決めることにより弾性たわみ曲線に基づいたアーチ曲線が唯一決まる。11本のアーチに使用する竹材の長さを同じにし、支点間距離のみを変化することによりアーチの形状に変化を与える。使用する竹材の長さは $L=2400\text{mm}$ であり、断面形状は $2\text{mm}\times 5\text{mm}$ の材料を使用した。

## 架設

ロボットアームを用いて竹造アーチ形式パビリオンを架設する際、竹材の両端を両支点に固定することでアーチを形成する方式をとる。あらかじめロボットアームの可動領域内の所定の位置に竹材を置いておき、ロボットアームを所定の位置まで動かし竹材を掴む。掴んだまま支点の位置まで移動し、竹材の一方の端部を支点に固定する。その時竹材の他端が可動領域外にあるため、可動領域内で掴める部分を掴み竹材の他端を可動領域内まで手繰り寄せる。竹材の他端が可動領域内に入ったため他端を掴み、支点の位置まで動かし固定する。両端が固定されたためアーチが形成される。この方式によりロボットアームの可動領域外の大きさの竹造アーチを架設することが出来る。



廣野 圭太  
HIRONO, Keita



# フラクタルツリーを用いたインタラクティブな3Dモデルの制作に関する基礎的研究

Basic study on producing interactive 3D models using Fractal Tree

## 序論

各種センサーの発達により人の様々な動作をセンサリングすることが可能になってきている。これにより人の動作に対してインタラクティブに反応するプロダクトや映像作品が多く提案されている。インタラクティブ技術はエンターテインメントやアートとしての活用が多く普段の生活、住宅での活用事例はほぼない。Microsoft社のデバイスであるKinectを用いて人の動作をセンサリングし、Rhinceros,Grasshopper,karambaを使用し室内環境でのインタラクティブな樹木の生成をする。樹木の成長は一定ではなく樹木の近くを人が通る回数が多いほど早く成長する。樹木は常に風に吹かれているように小さく揺れているが樹木に人が近づけばその揺れは大きくなる。

## 制作

樹木の枝を見ると、枝と樹木全体が相似的な形である。このような形をフラクタル図形という。フラクタル図形を生成するためにはある条件を満たすまで同じ処理を繰り返す再帰アルゴリズムを使うことが有効である。1つの枝が2つに分かれる、分かれた枝がさらに2つに分かれる、それが繰り返されるという再帰ア

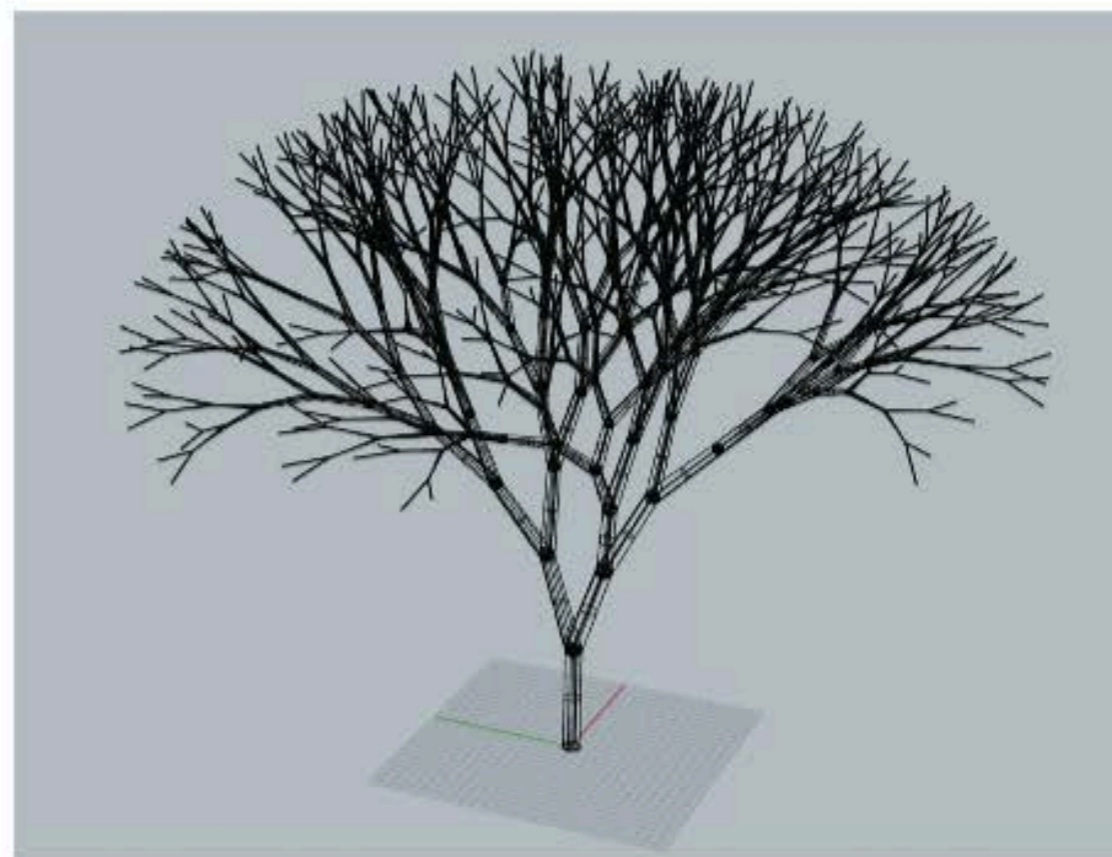
ルゴリズムのプログラムをつくりRhinceros上に樹木を生成した。

樹木を生成する際、枝の長さは枝分かれする前に比べ0.9倍になるよう設定した。つまり、枝分かれの処理が繰り返されるほど枝の長さは短くなる。この設定を利用し、樹木のすべての枝を枝の長さごとにグループ分けした。このグループ分けした枝を枝の長さが長い順に表示することによって、下から上へ樹木が成長しているかのように見せることができた。

樹木が風に吹かれ揺れている様子を再現するため構造解析を行うkarambaを使用した。しかし、単に生成

した樹木に荷重をかけるだけではただ樹木が曲がっただけで風に吹かれている様子とはほど遠かった。そこで1/fゆらぎを荷重として使用することにした。1/fゆらぎは規則的に変化しながらも人が不快と思わない程度に突発的に値が変化するゆらぎである。樹木に1/fゆらぎを荷重としてかけることによって実際に樹木が風に吹かれている様子を再現することができた。

Kinectを用いて人と樹木の距離や近くを通った回数をセンサリングすることによって樹木の成長スピードや風に吹かれる様子を人の動きと連動させることができた。



岡武 郁弥

OKATAKE, Fumiya

# 盲導犬用ハーネスの胴輪・ハンドル取付部の改善に向けた基礎調査

Basic research on handle-to-harness connection in Guide Dog Harness



## 序論

盲導犬とユーザーの快適な歩行を実現するために、盲導犬とユーザーの双方の負担を軽減するハンドルとしてy字型カーブハンドルを提案している。既往の研究で、y字型カーブハンドルは従来型ハンドルおよびねじり型ハンドルに比べて左右バランスが最も均等になることが明らかとなっている。

しかし、y字型ハンドルを利用するユーザーから盲導犬用ハーネスの胴輪・ハンドル取付部（以下、接合部）についての問題点を指摘された。本研究では、接合部の問題点の改善に向けた基礎調査をする。

## 問題点の抽出

問題点を明らかにし、評価項目を決定するために兵庫盲導犬協会の方とy字型ハンドルユーザーに来て頂き話を伺った。そこで、ユーザーから現状のハーネスでは接合部の屈曲による遊びと接合金具との繋ぎ目であるリンク部分の遊びが原因で盲導犬の動きが伝わりにくくなってしまうという意見を得た。他にも、接合金

具がキンクしてしまうといった問題点や、外れてしまうといった問題点もあり、そういった接合金具の不具合により危険な状況に陥ってしまう場合もあるため接合金具の問題点についても改善する必要がある。

また、ユーザーはタクシーや車などせまい場所に行く時にハンドルを取り外しており、ユーザーから脱着はしやすい方が良いという意見も得たため脱着のしやすさも評価項目に加えることとした。

これらのことから接合部の「遊びの量」、接合金具の「キンクのしにくさ」「外れにくさ」「脱着のしやすさ」という4つを評価項目に設定した。

## プロトタイプ

上記で示した問題点について考慮した上でバックル型と差込み型の2つの接合方法を考えた。そこで、現状のy字型ハンドルと胴輪に合わせて3Dプリンターでプロトタイプを製作し、製作したプロトタイプが問題点を改善しているのか盲導犬模型を用いて検証した。

小倉 宇嵐

OGURA, Soran



# ロボットアームによる三次元ジグソーパズルの切削加工に関する基礎的研究 —ケミカルウッドを用いたピースの製作—

Basic study on milling for 3D jigsaw puzzle using robot arm : Manufacturing puzzle pieces from chemical wood

## 序論

ジグソーパズルとは、1枚の写真を幾つかのピースに分割したもので、1つのピースの各辺が円状の凸部または凹部を持ち、隣り合うピースと嵌合させることによって遊ぶことのできるパズルである。二次元ジグソーパズルでは、隣り合うすべての辺に、円状の凸部または凹部のコネクタが配置され、嵌合される。青木ら<sup>1)</sup>の研究により、三次元ジグソーパズルの内部構造をすべてのピースが少なくとも一面の接合面を有する市松パターンを設定し、単純な構成方法にすることで、定式化できるという結果が得られている。また、作成したアルゴリズムを使用し、ロボットアームを用いて、スタイロフォームを材料とする三次元ジグソーパズルを製作している。しかし、強度、剛性とも低く、より高い強度、剛性

を持つ材料とその加工方法の提案には至っていない。

本研究では、スタイロフォームより強度、剛性の高いケミカルウッドを材料とし、ロボットアームの剛性の高い姿勢での切削とその工程が、三次元ジグソーパズルの最適な製作方法になるように提案を行うことを目的としている。

## 実験

ケミカルウッドを材料にし、ハンドグラインダの回転を用いた切削加工とし、ロボットアームの姿勢を変えることで切削を行っていく。切削方法は、X軸、Z軸への一軸送りとし、切削深さを1mmと設定を行い、一方向につき2回行う。ハンドグラインダの回転数と送り速度、ロボットアームの姿勢を変化させることで、加工精度

や加工時間に影響を与えることが、予想された。

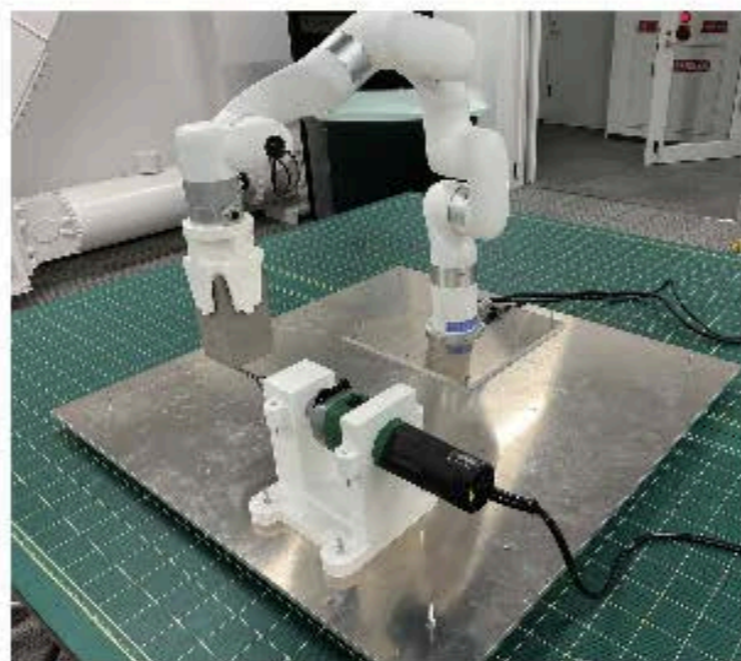
得られた2mmの切削面を、Pythonとデプスゲージを用いて、ロボットアームへの負荷、切削面の表面粗さを把握するため、計測を行った。計測を行った後、ピースの製作に最も適しているハンドグラインダの回転数とロボットアームの送り速度、姿勢の選定を行った。

## 参考文献

1) 青木優里香、白髪誠一：三次元ジグソーパズルの内部構造の構築/三次元ジグソーパズルのアルゴリズム・デザインに関する研究(1)、日本デザイン学会第67回春季研究発表大会概要集、pp372-373、2020年



迫田 雄大  
SAKODA, Yudai



# 物理演算に基づく海洋生物の行動シミュレーション —「深海エレベーター」のための映像—

Behavioral simulation of marine organisms based on physical analysis : Animations for 'Deep Sea Elevator'

## 序論

KangarooとはRhincerosとGrasshopper上で動く物理演算シミュレーターである。Grasshopperで海洋生物のモデルを構築し、Kangarooで動解析・衝突・形態探査などの物理演算に基づいて変形するシミュレーションができる。さらに、海洋生物のモデルに行動アルゴリズムを用いると、滑らかに動く魚のシミュレーションを行うことができる。一方、視覚に障害のある人は魚の形態的特徴をあまりよく知らない。しかし弱視の人は詳しい形までは見えないが、水槽の中の泳ぐ魚の姿をなんとなく追うことができる。

本研究では、行動シミュレーションを活かし視覚障害者の人でも魚のイメージを広げ、見て楽しむ作品を提案することが目的である。

## 行動モデル

イワシの行動モデルの検討を行う。イワシの群れの形態と行動制御を定義する。イワシの群れはニシン科のイワシやカタクチイワシ科のアンチョビで作られて

いて、球状や竜巻状に形を変え捕食者から身を守るために群れをなします。形態(境界)は300cm×100cmの楕円形とする。行動制御は衝突を用い境界と個体の衝突判定を設定する。GrasshopperのKangarooからCurve point collideコンポーネントでイワシが常に楕円形の内側にあることを指定する。

さらにイワシの群の遊泳速度を定義する。魚群行動は1/fゆらぎを用いる。1/fゆらぎとは、ゆらぎの波形パワースペクトルが周波数に反比例することである。ある量が平均値を中心にして時間的または空間的に変動する現象として定義されている。ここで1/fゆらぎはSin波3波の重ね合わせを用いる。

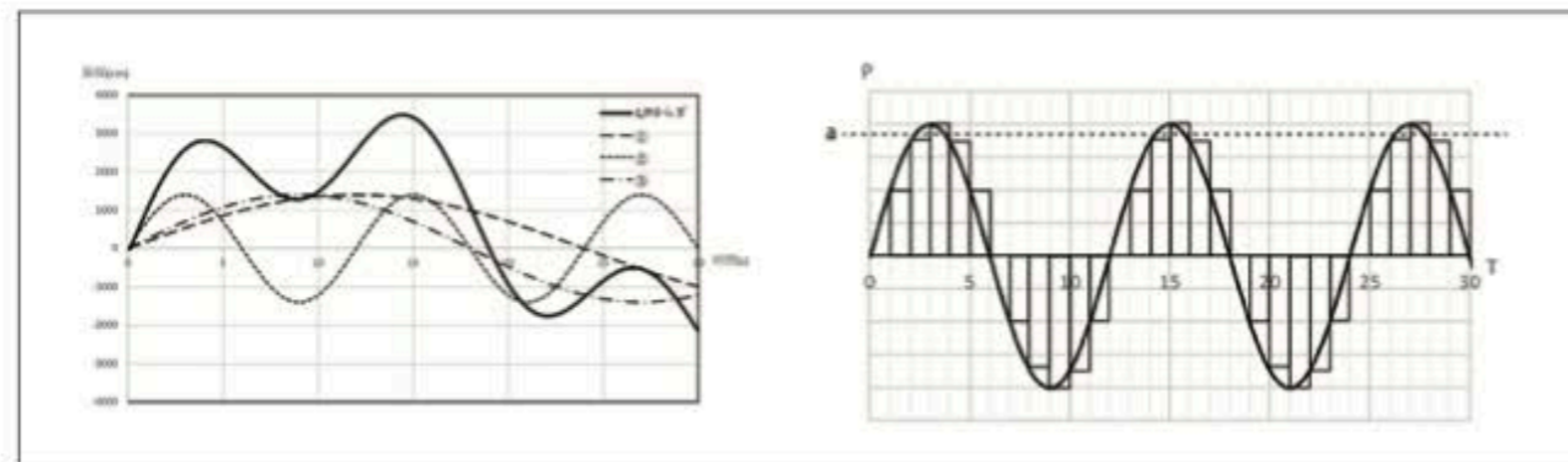
次にクラゲの行動モデルの検討を行う。クラゲは浮遊生活をするプランクトンである。体は柔らかく透明で、傘のような形をしている。形態(境界)は半径100cmの円形としcircleコンポーネントで平面と半径を定義する。

クラゲの群れの行動制御を定義する。クラゲは傘を広げたり縮ませたりして動いていて、同じ種類のクラゲ

でも成長段階により速さが微妙に違う。このクラゲの動きを表現するため3種類のリズムを作る。さらに3種類のリズムにパルス荷重を用いる。パルス荷重とは正弦波がある一定の値を超えると働く力のことである。これをPick'n'Chooseコンポーネントにつなげることで、指定したサインカーブから0.95以上のデータを順番に取り出すことができる。このアルゴリズムにより0.95以上になる場合クラゲのモデルに力が加わり動くようになる。

## 結論

物理演算シミュレーションを用いることで、海洋生物の柔軟な動きや行動を細かく再現することが可能になる。しかしGrasshopperで複雑な計算を行う場合、極端に解析処理が重くなることがある。そこでアルゴリズムの中でもどの処理に時間がかかるのかを考える必要がある。また、この技術で滑らかに動くシミュレーションを行い、現実に近い動きを見えやすい形で再現することで、視覚に障害がある人でも実物へのイメージを広げ、楽しめる機会を増やすことができる。今後、深海エレベーターを実際に視覚障害者の方々に検証実験する予定である。



塩見 麻友

SHIOMI, Mayu



# 大阪市域で想定される直下型地震動に対する木造軸組構法住宅の耐震性能の確保に関する研究

Study on ensuring seismic performance of wood-framed residential structures against epicentral earthquakes in Osaka

## 序論

1995年の兵庫県南部地震では神戸市を中心に大きな被害を引き起こした。

それ以降、同じく都市直下で発生する内陸地殻内地震である上町断層帯地震に関わる取り組みが精力的に行われてきた。1997年に上町断層帯を対象に大阪府が内陸直下型地震を想定したH9年想定地震動を策定した。(以下、H9波とする)

H9波は基準法の1.25倍程度を設計値の上限としている。その後、活断層調査や地震動観測の充実により、精度を高めた強震動評価が可能となり、H9波や法で規定する建築設計用地震動を上回る予測地震動が含まれていることがわかった。それを受け、大阪府・大阪府が共同して地震被害想定を行い、H19年想定地震動が示された。(以下、H19波とする) H19波は大きな被害をもたらすであろう発生確率の稀な地震動が含まれる。

本研究では、現行の建築基準法の仕様に関する規定を満たす2層の木造軸組工法建物を設計し、その対象建物にH19波を用いて限界耐力計算を行う。安全性能を評価し、地震力が安全変形限界角を超えず、層崩壊を起こさないために必要な壁充足率と減衰力を解析する。



千葉 晃暉

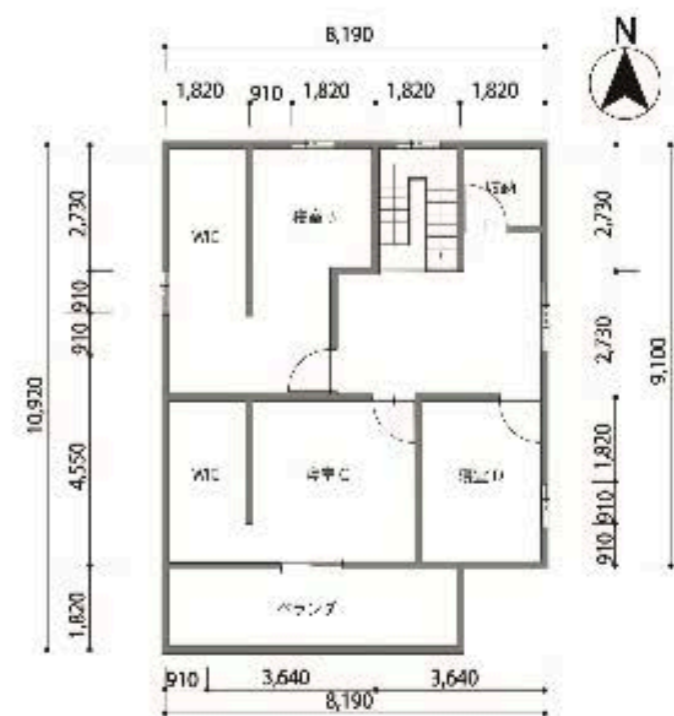
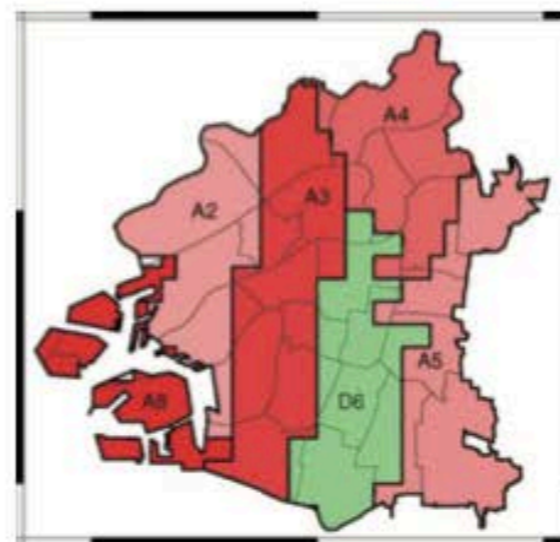
CHIBA, Koki

## 検討モデル

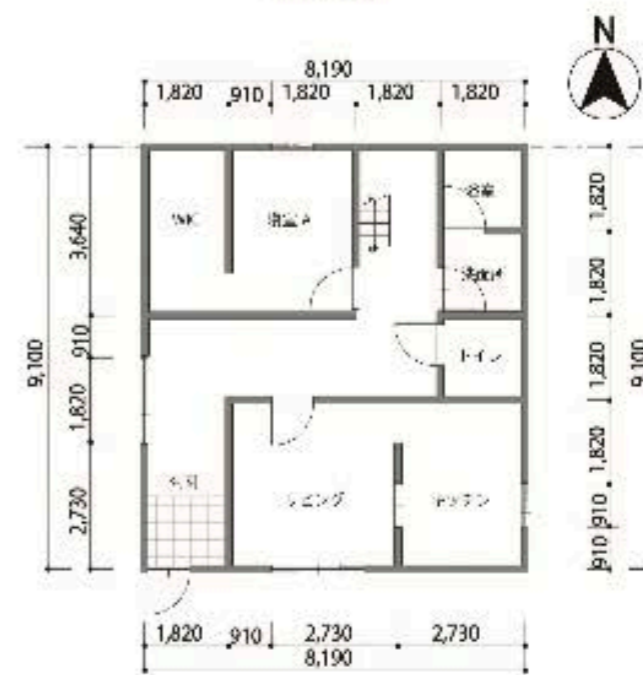
検討モデルは、大阪市内に建設される2階建ての在来軸組構法による4人暮らしの木造軸組建物を想定している。耐震要素について、厚さ7.5mmの構造用合板を片面張り配置した構造用合板モデルおよび土壁を既製品のパネル化した荒壁パネルを配置した荒壁パネルモデルの2つのモデルを設計した。存在壁量は構造用合板モデルで2.95～4.75倍、荒壁パネルモデルで3.07～5.13倍となっている。最も壁量充足率が小さい1階X方向でも2.95倍の壁量が配置されており、「倍の壁量が配置されており、「住宅の品質確保の促進等に関する法律」における耐震等級 2 相当の条件である1.25倍以上の壁量が配置されている。

## 入力地震

H19波は西大阪をA02S・A03S・A08S地点とし、東大阪をA04S・A05S・D06S地点として、大阪市市域の6つのゾーンを東西方向に分けて合計6波の検討を行う。



2階平面図

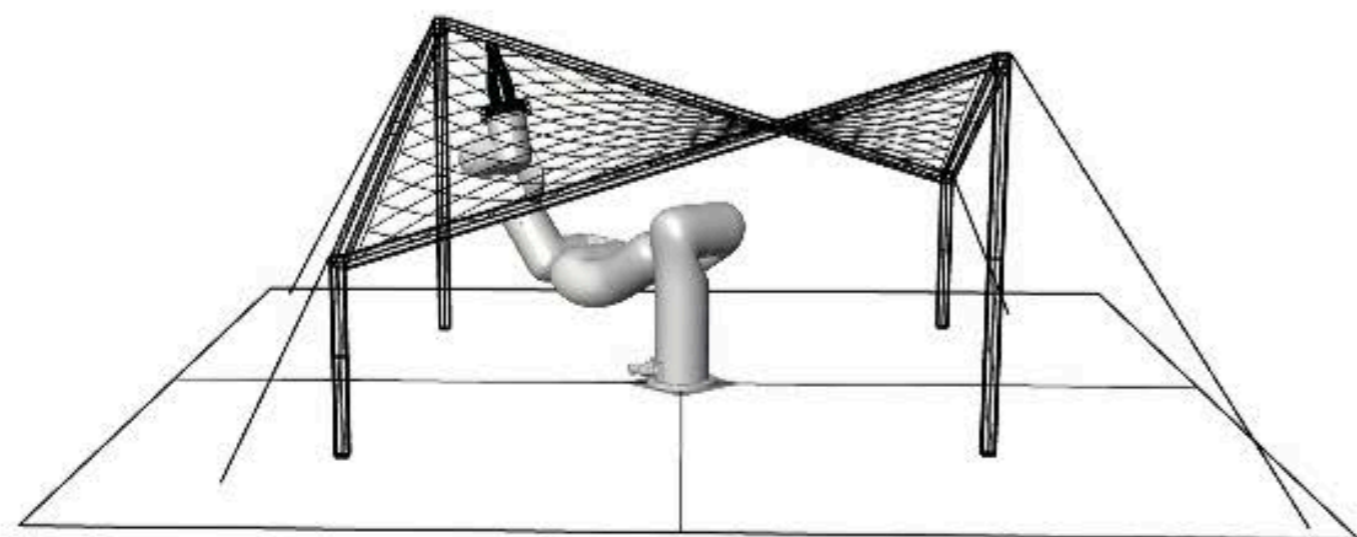


1階平面図



# ロボットアームを用いたケーブルネット構造の架設計画

Planning to fabricate cable net structure using robot arm by Scale Model



## 序論

空間デザインとロボティクスデザインが連携することで全く新しい空間の形態や構法が生まれる可能性が考えられる。海外では、シュツットガルト大学やチューリッヒ工科大学でロボティクスを使った空間の設計の研究やプロジェクトが研究者と学生の共同で行われている。しかし、日本国内では事例がなく、今後研究が進められる分野であると考えられる。

建築空間ほどの規模の大きなものをつくるためには巨大なロボットアームが必要になってしまう。この問題を解決するために課題とされるのが、ロボットアームの可動範囲内でより大きな形態を探ることである。

本研究は小型のロボットアーム(xArm6)を用いてケーブルネット構造のバビリオンのスケールモデルを制作する。またロボットアーム(xArm6)の可動範囲内

でより大きな空間を構成するための形態、構法を探ることが目的である。

## 架設・計画

ロボットアーム(xArm6)を用いたバビリオンの製作において空間を構成する構造形式は複数存在するが、今回の研究ではHPシェルを用いたケーブルネット構造を採用し研究を進めた。具体的な形状としては、10×10のひし形のメッシュ状にアームで抑えケーブルを先に掛け、その下側から吊りケーブルを掛ける計画で架設を進めた。その際に必要となったアーム先端に取り付けるパーツ、ケーブルを掛けるアンカーパーツ、柱を補助するパーツをRinocerosおよびそのプラグインであるGrasshopperで設計、3Dプリンターで作成した。

ロボットアーム(xArm6)の可動範囲を理解し、その範囲内でより大きな空間を作るための形態操作をGrasshopper上で行った。これによりGLからの高さを設定することで形状を決定できることが分かった。

ステージの製作では、柱を立てるだけでは完全には固定されず、力がかかると動いてしまうのでそれぞれの柱を外側に引っ張ることで固定させた。

土橋 律来

TSUCHIHASHI, Riku



## 育つハコ、行くハコ、触れるハコ — アルゴリズムを用いた都市型ライブハウスの提案 —

"HAKO" to grow up in, go to and touch : Proposal of urban live house using algorithm

ライブハウスは騒音・振動などの問題点から駅近にあることは少なく、アクセスが悪い。他にも周りに時間が潰せる場所・空間がないことや、行くまでの道のりが怖いと感じることがしばしばあるということが気になっていた。そこで、これらのようなネガティブな気持ちを解消する施設を作りたいと考えた。

4年間通った大学のある梅田の土地で、再開発が進んでいて“これから”である場所「うめきた」に目をつけ、新しい施設として都市型のライブハウスを提案する。

私にとって音楽はいつもそばにあるものだった。だからこそ普段音楽に触れる機会がない人でも自然に音楽に触れられる場所や違う音楽が好きな人でも繋がれる場所があれば素敵だなと考えていた。

ミュージシャンが路上ライブから大きなハコへと成長していく様子や音楽の渦をこの場所から広げていくという気持ちを表したこの場所で、あらゆる人々の音楽の渦が広がっていくことを望む。



西坂 双葉

NISHISAKA, Futaba

