

# 30

実践研究報告 No.2025

## 竹の材料特性を最大限活かした 新たな構造システムおよび特徴ある建築デザイン

実践研究テーマ：竹の材料特性を最大限活かした新たな建築構造物の制作

# 30

実践研究報告 No.2025

## 竹の材料特性を最大限活かした 新たな建築構造物の制作

滋賀県立大学 教授/陶器 浩一

竹田 明夫、今井 潔志

竹の材料特性を最大限活かした新たな構造システムおよび特徴ある建築デザインを確立することを目的とした架構の試作である。

割竹を挽いて平らにした薄板を積層した角材を用い、竹の高い強度を活かして繊細な部材断面とする。考案した「三方格子システム」は、釘や金物を用いることなく剛な架構をつくるもので、組みばらしも自在のため連結・展開・解体が可能な構法である。プロトタイプとして制作した空間は、18 mm角の繊細な部材で構成された「新たな和風建築」といえる。学生が設計から施工までを行う。素人の学生が手作業で行うことで、特殊な技術や経験を有することなく、簡単に且つ自由に建築的架構空間が生まれることの実証にもなる。



図 2-20 完成写真

## 1. 活動の背景と目的・意義

竹は極めて強い繁殖力を有し、古来より生活の様々なところで用いられてきた。しかしながら、工業製品の普及に伴って竹材の利用が減り、管理されなくなった竹林の荒廃と拡大が各地で問題になっている。一方、近年ではSDGsなど環境意識の高まりに伴い、その有効活用に関して様々な取り組みがされている。

竹は鉄の1/3という高い引張強度があり、自然素材としては極めて強度の高い材料特性を有している。構造材料として竹を有効活用することは放置竹林問題など環境問題解決につながるのみではなく、竹という素材の特徴を活かした新たな建築空間を実現可能にする。

竹は高い強度と可撓性を持った自然素材であり、持続的な再生可能資源としての有力性がある素材であるにも関わらず建築基準法で竹構造は認められておらず、この特性を活かした建築はほとんどない。また、集成断面としての竹材の建築的技術開発も確立されていない。

私たちは、東日本大震災の被災地復興支援のため、2011年に学生自らの手で竹を主構造材とした建築(わが国で唯一建築確認(7年半の仮設建築許可)を得た仮設建築(「竹の会所」)を建設した。それを契機として、構造材としての竹材の材料特性およびその決定因子を明らかにし、竹構造建築の設計施工方法と併せて学会等で発表すると共に、建物の構造特性および材料特性の経年変化について継続的に調査研究を行っている。自然竹および加工竹の素材としての構造性能については、ISOに基づく材料実験によりその特性は概ね把握している。

本研究開発はこれらの研究をもとに新たな建築構造材としての竹材を用いた架構の試作を行い、そこで得られた知見を実建築物に応用するためのものであり、工業製品として品質を安定させた新材料の開発とそれを用いた新たな構造システムおよび建築デザインを実現することに特徴がある。

## 2. 活動内容

### 2.1 プロトタイプ的设计

#### 1) 元となる架構システム

今回考案した「三方格子システム」は、一定の間隔で相欠き加工だけを施した角材を三方向(立体的)に組み上げてゆくものである。欠き込みを1/2ずらせて組んでいくのがポイントで、釘も金物も用いず手作業で組み上げることができる。同じシステムの展開なので連結・展開してゆくことができ、解体や移設も自由にできる。組みばらしも自在のため連結・展開・解体が可能な構法である。

#### 2) プロトタイプの試設計

まず、開発しようとするシステムを用いた建築のプロトタイプを試設計を行う。本システムで用いる新材料は、割竹を挽いて平らにした薄平板(厚さ4mm幅30mm)を積層した30mm角材および自然な丸竹で、角材は上記の三方格子組みで架構する。プロトタイプとして、以下の2つを想定している。

**タイプA: 角材を立体的に組み立てた「三方格子」と薄平板を格子状に組んだ「格子シェル」の組み合わせで架構する建築。「三方格子による軸組み」と「薄板格子シェル」の組み合わせによる空間は、極めて繊細なスケールで建築構造を成立させ「新たな和風建築」といえる、ヒューマンスケールで自然の暖かみのある独特の建築空間となる。**

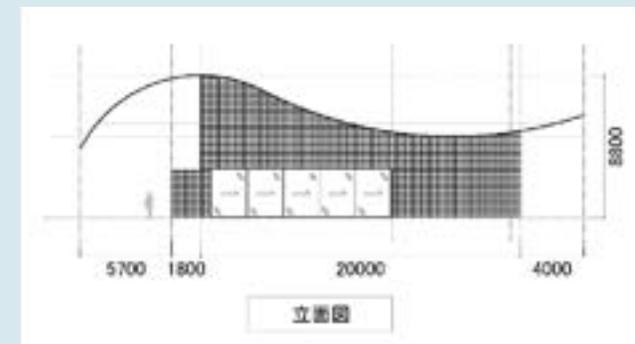


図2-2 タイプAプロトタイプ



図2-1 三方格子システム

**タイプB: 自然な丸竹と平板で構成する空間構造。** 自然な竹のしなる形態と高強度である竹の特徴を活かした繊細でダイナミックな空間を目指す。

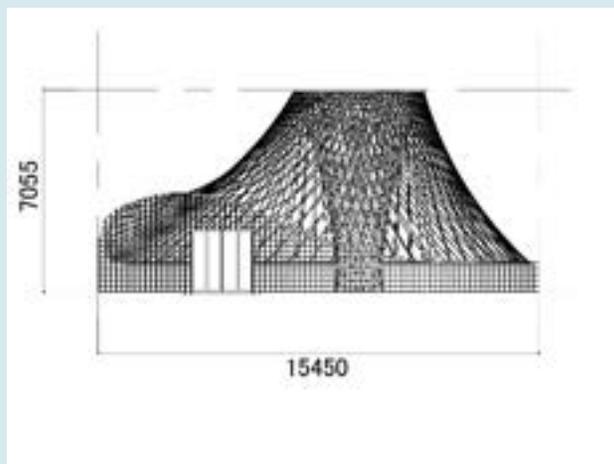
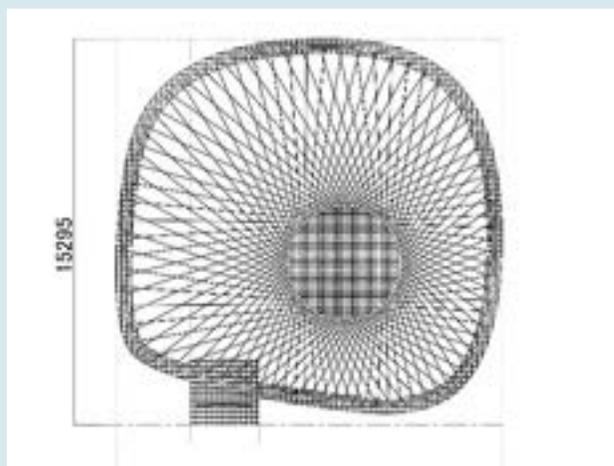


図 2-3 タイプ B プロトタイプ

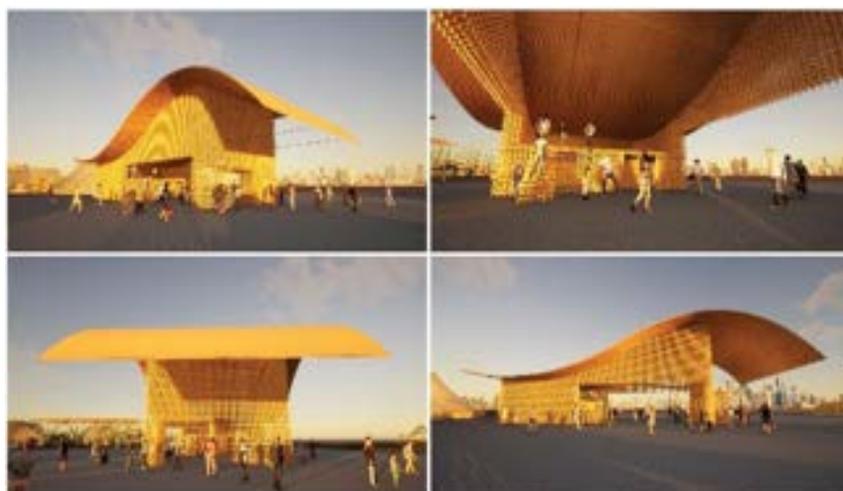
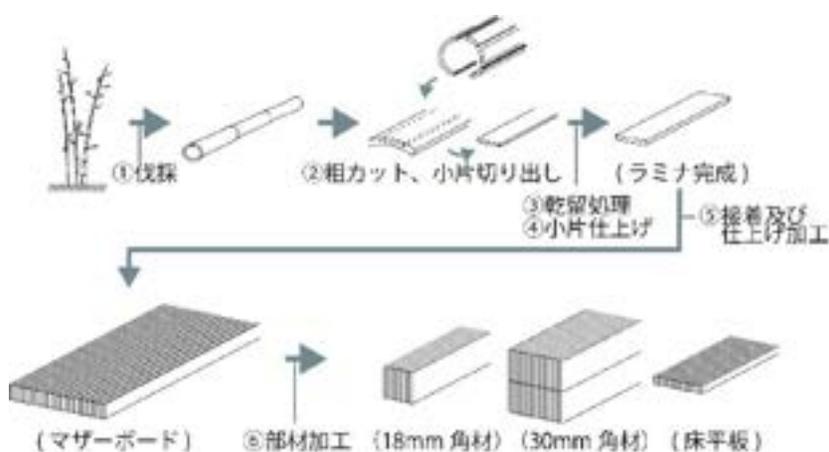


図 2-4 建築物のイメージ

## 2.2 制作物の設計・施工

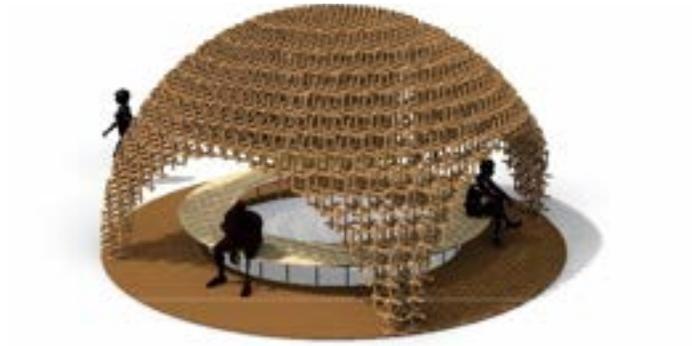
### 1) 部材

使用する竹集成角材の制作手順を以下に示す。丸竹を割った割竹を平面に加工したラミナ（厚さ 4 mm 幅 30 mm）を積層させて部材を構成する。製造方法としては、元口径 100 mm 程度の丸竹（孟宗竹）を 8～10 分割して、まず 8 mm 程度の粗削り平板に加工し、主に防虫を目的として乾溜処理（オートクレープと呼ばれる大きな釜を用いた高温高圧処理）を行う。その後、4 面プレーナーにて厚さ 4 mm 程度の平板に加工した板（ラミナ）を積層接着して集成材平板（マザーボード）を製作し、必要部材断面に成型する。



## 2) スタディ

今回の制作物を設計するにあたり助成金の予算および設置場所、設置期間を検討して、縮小モデル建築とすることとした。まず、上記タイプ A, タイプ B のモデルとして下記の 4 種の試設計を行った。それぞれの特徴およびコンセプトを示している。



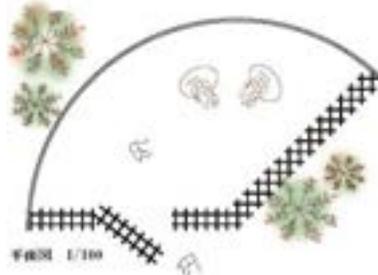
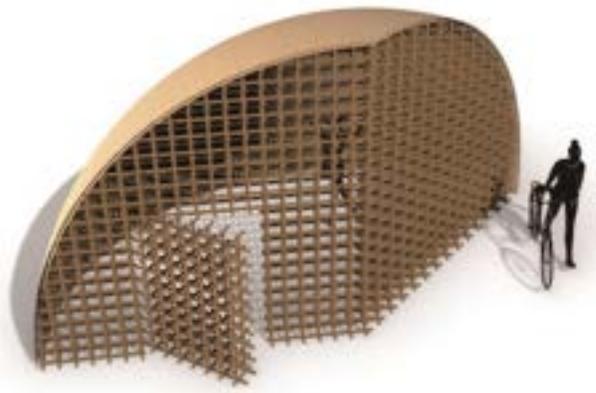
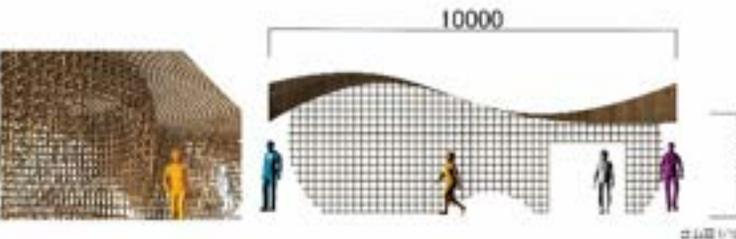
### ■コンセプト

三方格子による屋根を竹集成材の張力で支えることで大スパンの空間を創り出す。一定のリズムで組まれた大きな屋根が空に浮かんでいるような形で、三方格子の隙間から入る光が心地よく、柔らかなドーム形状で人々を包み込むスペースとなる。



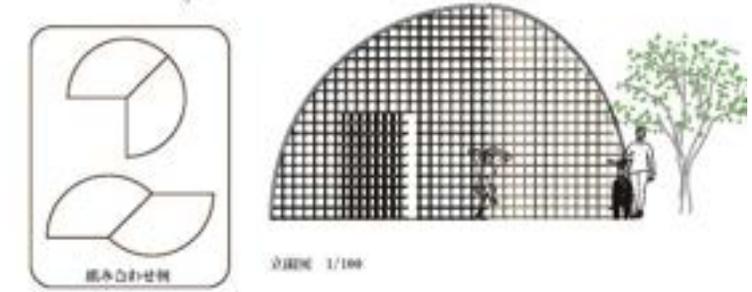
### ■コンセプト

過去の事例として三方格子の茶室がある。格子のみで作られた球は温かみのある新たな和風空間を創り出す。この建築は、2つの球が互いに溶け合い、繋がり、人を誘い込む。竹ラミナ板で創られた薄く軽い屋根が心地よさを演出する。



### ■コンセプト

4m x 4mの屋根の一部を切り出した部分をワンユニットとして、単体としてだけでなく複数の場所・人・目的によってユニットを自由に組み合わせさせて使用する。



### ■コンセプト

屋根を竹ラミナを使用し、完全に屋根を覆うのではなく、サンシェードのように作り手の光を取り込む。両面型にすることで中央に引き込み、町のシンボルとなるような建築。

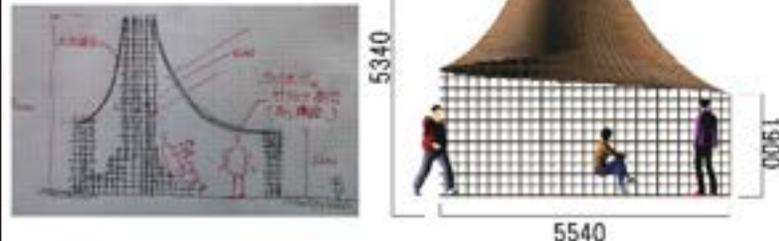


図 2-5 制作物のスタディ案 1

図 2-6 制作物のスタディ案 2

### 3) 設置場所の選定および制作物、部材寸法の決定

制作物の設置場所につき、訴求力のある場所で出来るだけ長期間設置できる場所を検討した結果、**岸和田城内多間櫓内（屋内）**に設置・展示が可能となった。

岸和田市は広大な竹林を有し、竹を通じた広域的な連携を図り地域資源の相互活用や関係を創造することを目指して産官学の連携協定を締結し、私たちの研究室も参加している。市政 100 周年を記念したイベントを市内各地で行っており、その会場の一つである岸和田城内で、竹への取り組みの目玉として制作物の展示を行えることとなった。また、2023 年 3 月には「岸和田竹まつり」を行う予定で、制作物はその会場に移設・展示する予定である。室内であること、広報効果が大きく訴求力があることからここで展示することとなった。室内であること、イベントに来場する多くの人の目に触れることから、竹ならではの繊細な空間を目指して、小茶室を設計することとした。なお、設計に当たり滋賀県立大学陶器造一研究室卒業生 松本洋太氏の以前の原案をもとに空間および形状のスタディを行った。



図 2-7 設置場所の調査・協議

### 4) 部材の制作

部材は、制作物の規模および訴求力を検討し、18 mm 角の繊細な断面とした。相欠きによる組み立て精度、部材耐力につき、組み立て試験、部材試験により確認した。



図 2-8 組み立て試験，強度試験

## 5) 制作物の検討

設置場所の決定および予算に伴い、制作物の規模、形状のスタディを行った。

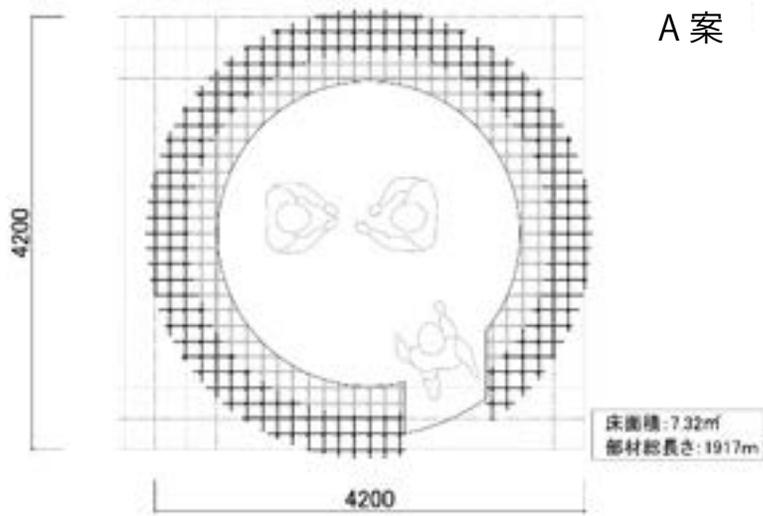
### ■当初のお茶室案

・部材総長：1917m

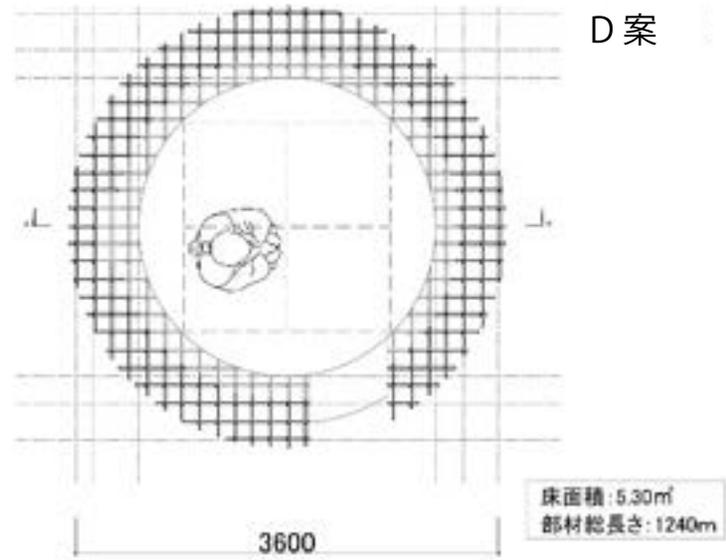


### ■面積縮小・2畳茶室

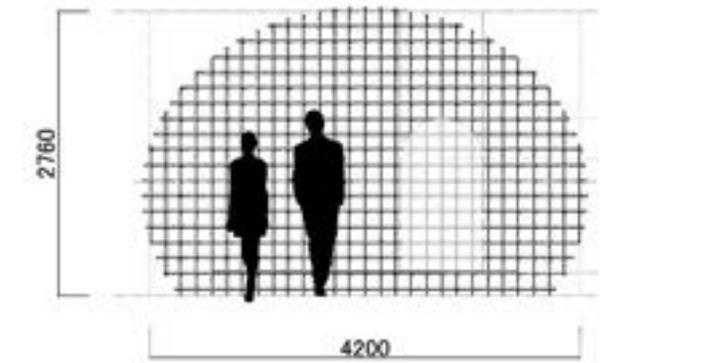
・部材総長：1240m



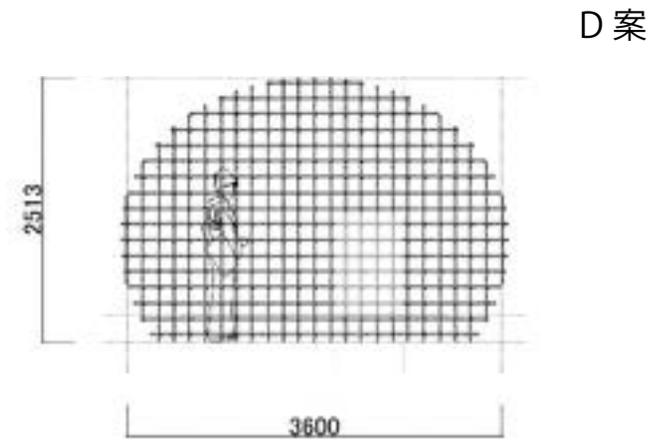
A 案



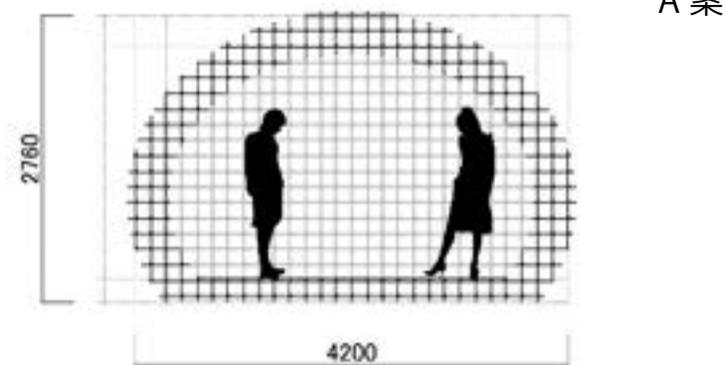
D 案



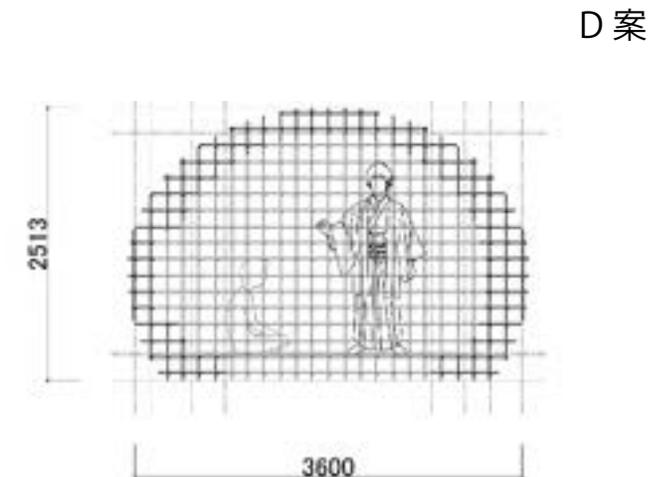
A 案



D 案



A 案

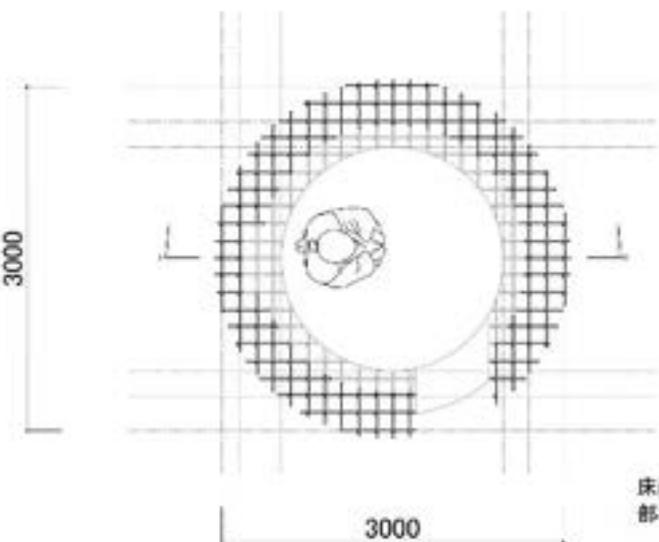
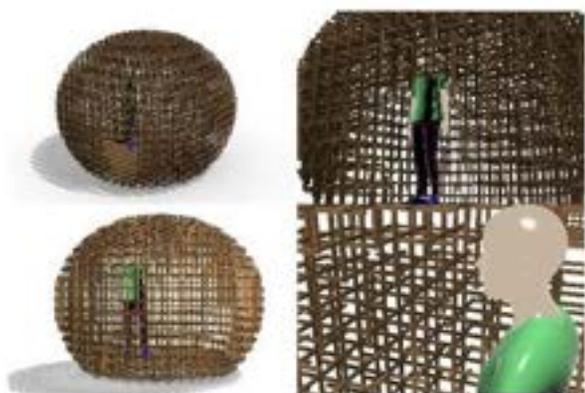


D 案

図 2-9 制作案のスタディ①

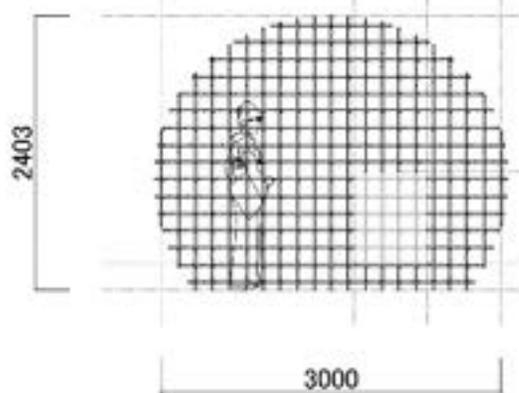
図 2-10 制作案のスタディ②

■面積縮小・現在位置に合わせて変更  
 ・部材総長：946m

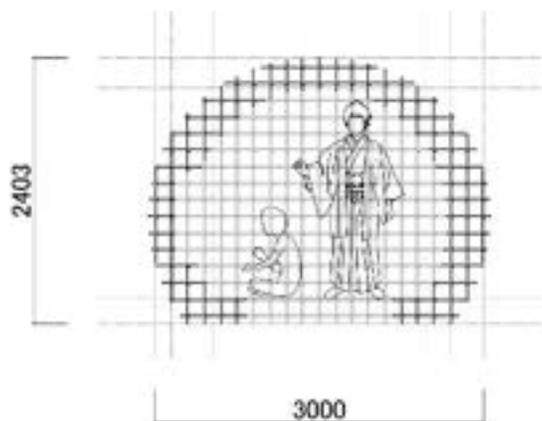


F案

床面積：3.29㎡  
 部材総長さ：946m



F案



F案

図 2-11 制作案のスタディ③

■形状スタディ  
 (パースのみ)

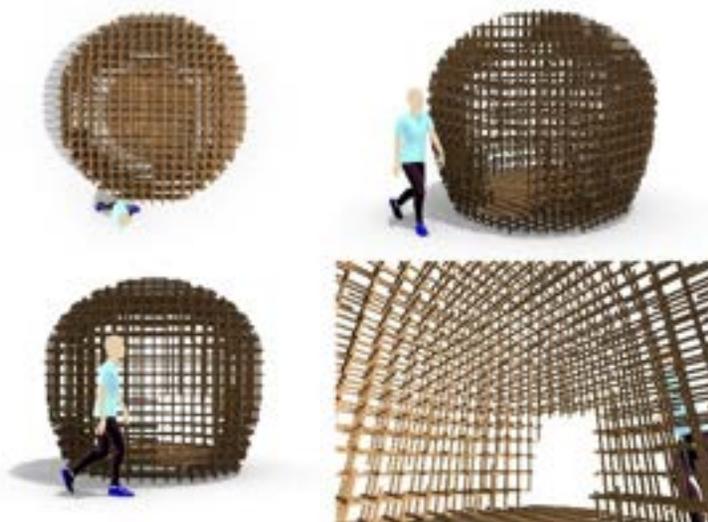
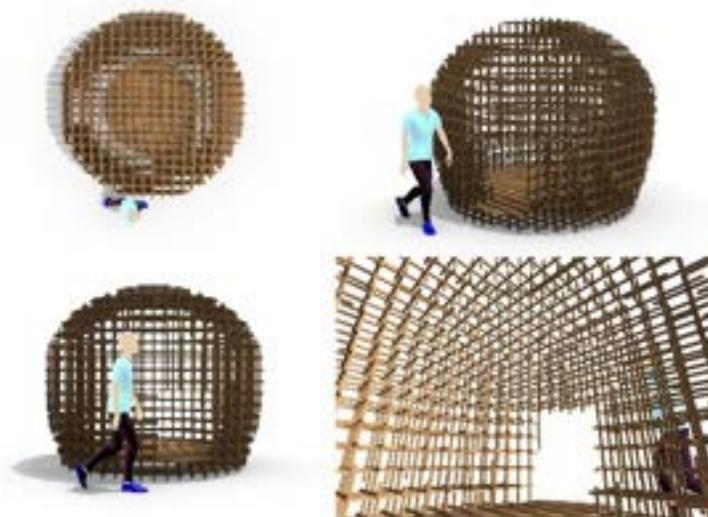
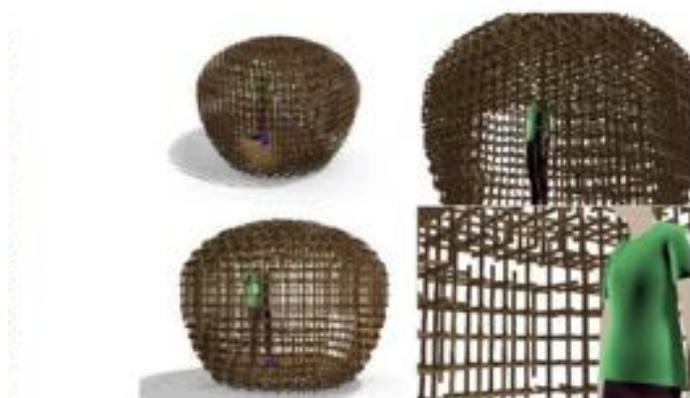


図 2-12 制作案のスタディ④

## ■最終的に決定した案

部材総長さは1011m, 建物外形直径3m, 高さ2.5mである。

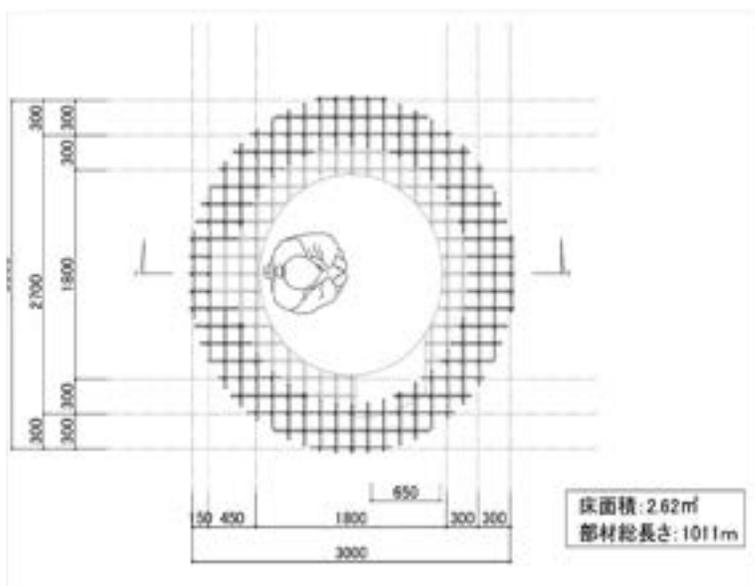
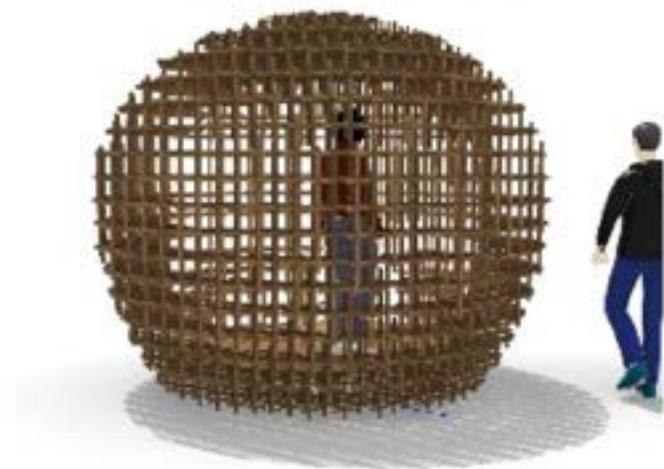
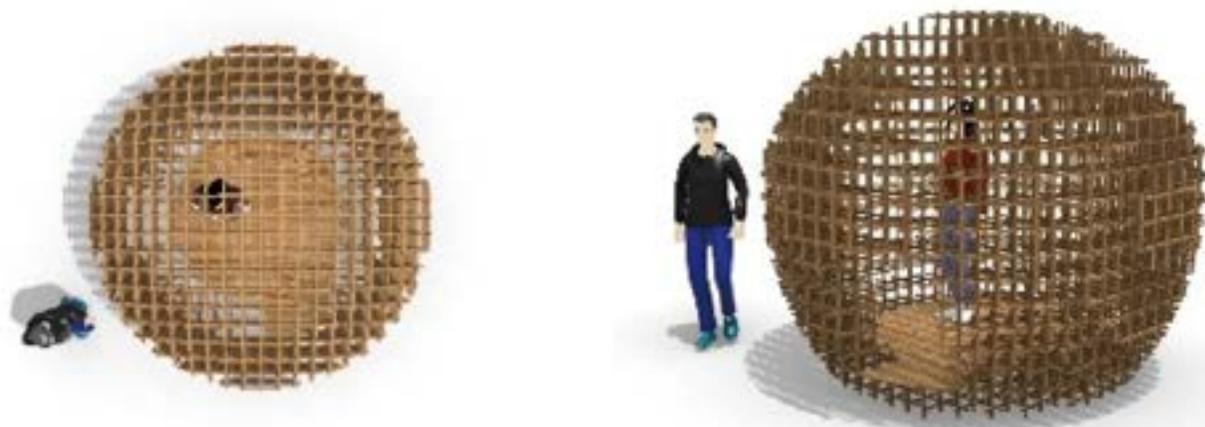


図 2-13 パース, 平面図

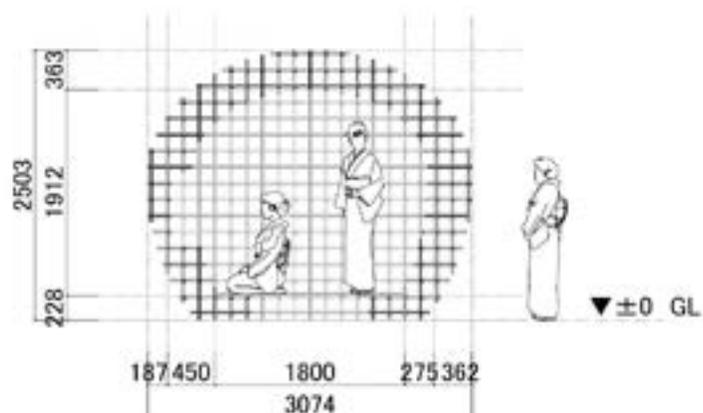
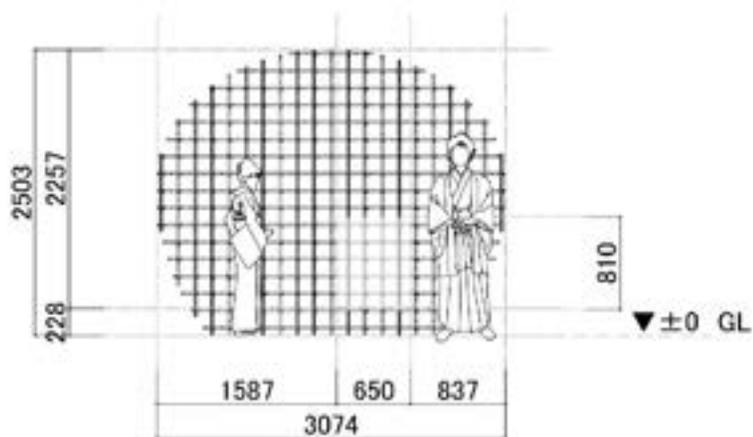


図 2-14 立面図, 断面図

## 6) 施工方法の検討

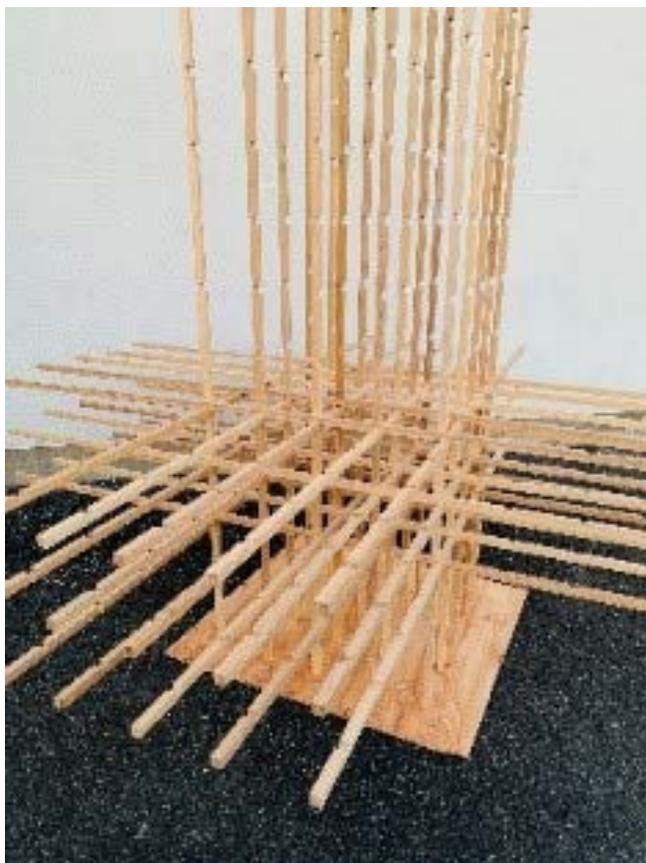
施工方法の検討経過につき右に示す。屋根に当たる部分は地組で組み立て、周囲の縦材を取り付けた後載せて、その後順次組み立てる計画である。

## 7) 部材の切り出し

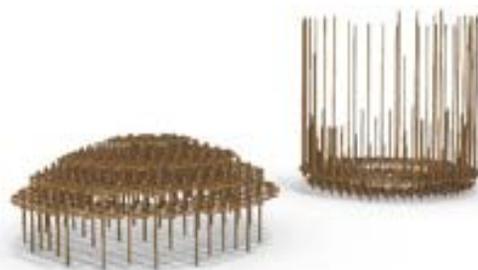
最終的に決定した球形の形状に合わせて部材図を制作する。製造可能寸法が2mという制約の中材を切り出す。どのように切り出せば2mの中で最大限無駄なく切り出せるか、切り出し図の制作も行う。

材番号	部材図(1:20)	部材長さ
0021		296mm
0022		125mm
0023		149mm
0004		272mm
0005		12mm

図 2-15 部材図



### ① 下部構造の組立



### ② 下部構造に柱材取り付け、屋根構造の地組



### ③ 柱材に屋根構造をのせる



### ④ 間を埋めていく



### ⑤ 床材の取り付け

図 2-16 施工方法



●ナンパリング養生方法

○ナンパリング(けがき時)  
・青い養生テープでナンパリング



○2レイヤー(平面格子)



凡例  
・天、地、柱、梁、土、石は、正誤欄の立脚(保置人付口部)で見え方の異なる。

○塗装  
・四面塗装(一度塗り)後、養生テープの貼られていた面を上にして、乾燥。  
・ナンパリングを書いた養生テープは、材を乗せている枕木に貼って保護。材名を失わないように、材の上側に貼る。→2度塗り。

○養生(組み立て前)  
・2度塗り後、緑の養生で材ナンパリング。

図 2-17 切り出し後の材管理

8) 施工

以下施工フローを元に実際に施工を行った手順について示す。

・下部構造の組み立て

第一層、第二層目を平面で組み、その間に下部構造の強度を高めるための格子に合わせたハニカム基礎を入れる。その後第一層、第二層をつなぐ縦材を組み込んでいく。その後第三層、四層目を組み、下部構造を制作していく。

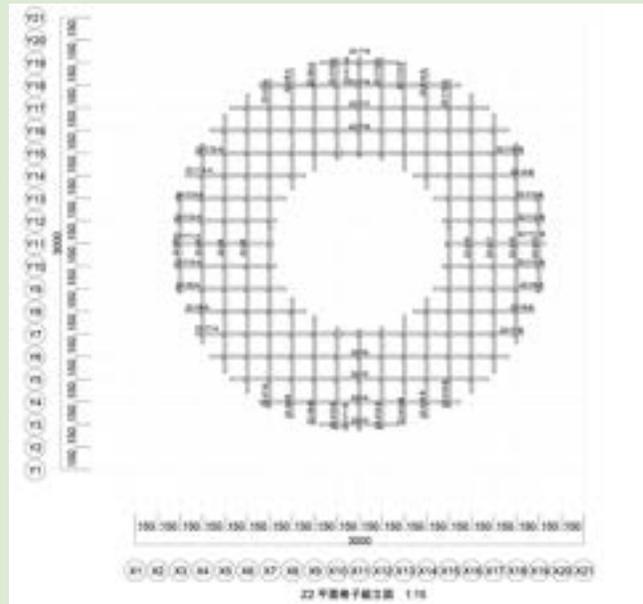


図 2-18 組み立て図



・上部構造の組み立て

施工検討時には第 14 層～ 17 層の地組を想定していたが、安全面・天井の高さ制限を考慮し、第 16 層、第 17 層目のみの地組を行う。残りの第 14 層、第 15 層は、下部構造から柱を伸ばし直接組み込んでいく。



### ・ 上部構造の取付

地組した上部構造を持ち上げ、位置を調整し、第15層、第16層をつなぐ縦材を取り付け、本体へ接合していく。



### ・ 根太・床の取付

根太を格子の間に入れ人が乗っても安全なようにし、竹集成材で作った床材を貼り合わせていく。



### ・ 中層部の取付

残りの中層部を取り付けていく。

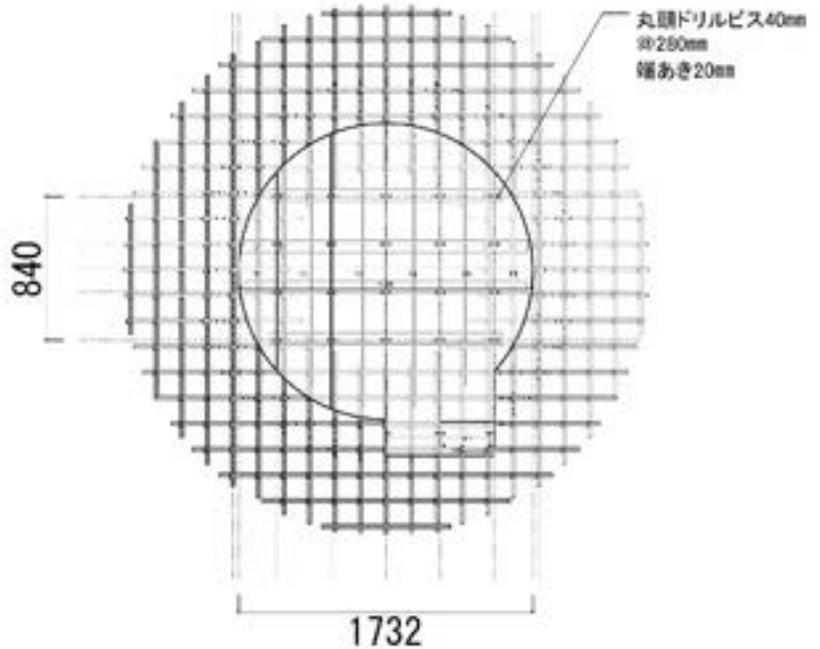


図 2-19 床設計図

# 竹紡庵 ちくほうあん

この茶室は竹の集成材を組み立てたものです。岸和田市では、アドベンチャーワールド・白旗町とバンダバンブー Smile 広域包括連携協定を締結し、ジャイアントバンダに竹の枝葉を顔として就任し、食べない竹の幹部分を活用する「バンダバンブープロジェクト」を進めており、滋賀県立大学陶器造一研究室の協力のもと、岸和田市市政 100 周年事業の一環で、産学官連携し、制作しました。



**「着替わり自由な小建屋可楽空間」**  
細く短い材で格子状に連なる茶室空間は、釘や金物を使うことなく手作業で組み立てることが可能な三方格子により構成され、移設、解体が簡単にできる建築である。しなやかな構造特性を持つ竹を素材として、倫理的で優しい、新たな日本の和風建築空間を創り出す。

竹節の全てが利用されている様子

この小建屋で用いる新材料は、割竹を抜いて平らにした薄平板を積層した 18mm 角材である。竹はしなやかな強度のある素材であるため、木材に比べて細い材での繊細な建築を実現できる。

**竹集成材技術**

**組み方** 一定間隔に編まれた材大きさを 1/2 固つずらして三方向に組み合わせることで組み立てることができ、同じシステムで連結させることで空間を構成する。

**三方格子**

**展示ポスター**

平面図 1/60      立面図 1/60      断面図 1/60

**施工風景**

設計・施工 滋賀県立大学 陶器造一研究室  
部材製作 株式会社 竹田木材工業所  
※この冊子は、一般財団法人、岸和田市が2021年度に委託したものです。  
※この冊子は、滋賀県立大学が協賛する一環で発行されたもので、岸和田市が協賛するものではありません。

図 3-1 展示ポスター

### 3. 活動の訴求力

岸和田城内多聞櫓内にて学生による施工作業を一般公開することにより、お城に訪れた一般の方にも「なにを作っているの」などと興味を持ってもらえ、より多くの人々に竹集成材・三方格子の技術について知っていただくことが出来た。完成後は同場所において一般展示され、波及効果は大きい。

### 4. 活動の成果・評価

実現させ、新たな技術の確立へと貢献し、また、竹の新たな魅力を一般市民に伝えることができた。市のホームページにも制作状況・完成などの情報が掲載され、訪れた方のみならず多くの方に成果を伝える事ができた。

### 5. 活動を通じて

今回すべての活動を学生のみで行うことで、順調に進まないこともあったが、逆に学生が行っているということで多くの市民が興味を示してくれ、竹に関心を持ってもらうことができた。

### 6. 今後の課題と展望

この制作物の今後の展望としては、茶室を使用したイベントを行う、他の場所へ移設するなど、より多くの方に認知してもらえるように働きかけていきたい。移設の際には一般の方に組み立てを体験してもらうなど見るだけの宣伝ではなく実際に技術を体験してもらいたい。

今回は小建築ではあったが、竹の魅力と可能性を市民に発信することができた。竹集成材部材の構造特性は ISO 基準に基づいた試験を行っており、大臣認定を得た実建築物としてより大規模な建築物を実現させてゆく。

- <研究主査>
- ・陶器 浩一  
滋賀県立大学 教授 博士（環境科学）
- <研究委員>
- ・竹田 明夫  
株式会社 竹田木材工業所 会長
  - ・今井 潔志  
株式会社 翠豊 代表取締役社長
- <研究委員>
- ・村橋 碧空  
滋賀県立大学大学院博士前期課程
  - ・大石 親良  
滋賀県立大学 学部学生
  - ・川崎 爽  
滋賀県立大学 学部学生
  - ・中田 陸  
滋賀県立大学 学部学生
  - ・箱田 里菜  
滋賀県立大学 学部学生

\* 当実践研究報告普及版は『住総研 研究論文集・実践研究報告集』No.49 の抜粋版です。参考文献は報告集本書をご覧ください。