

面の貼り合わせによる接合は、

重ね代を大きくとれば簡単には外れてしまわない、  
ある程度ずれてもつなげることができる、  
貼り方によって形が全く変わる、

というように**手軽で自由**なイメージがある。

一方で、広がり方は**平面的**なものにとどまりがちである。



面を曲げ、貼り合わせて拘束した場合、  
立体的な形状ができることがある。(例:円錐)



ある程度曲げられる材料の場合に限ると、貼り合わせ接合によって立体的に広げられる可能性がある。  
本提案ではここに着目する。



上の図はどちらも共通の形の面を6枚貼り合わせて作った曲面である。同じ形、同じ数でもできる形状が変わるのは貼り方(重ね代のとりかた)の違いによるものである。

つまり、**貼り方を変えることで、出来上がる曲面の形を変えることができる**ということになる。

## ハリメンシエル

重ね代を調節して同形状面材を貼り合わせ接合することで作る曲面



できた曲面をさらに貼ってつなげることで、より自由で大きな曲面を作成することが可能である。

以上のプロセスにより、

**手軽で自由な貼り合わせ接合を用いて、可展面に限らず、どんな曲面も再現して構築できる。**

### シェアラブルな建築

属性の異なる複数の人間によって作られ、  
属性の異なる複数の人間によって使用される

→ **ユニバーサルな手法** × **多様で自由な形**

単純かつ同形状の加工

用途に合わせた自由な形状

簡単かつ施工誤差に対応しやすい  
貼り合わせ接合による組み立て

建てた後から形を変えられる

目標形状にかかわらず共通の工程

アクロバティックさにはやや欠ける構法だが、小さなものをつなげて大きく作るというどんな人にもなじみやすい作り方でもある。また、作ったものにさらに付け足す、もしくは一部を取り除くという操作とも相性がよく、用途に合わせて建築の形を変えていくことが可能である。

## 曲面の生成プロセス

### 1. 曲面のメッシュ化

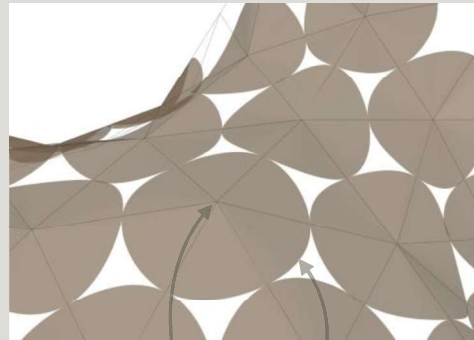
目標とする曲面を三角形メッシュに分割し、エッジの長さがなるべく同じ長さになるように調整する。



Galapagosを用いてエッジ長さを平均からのずれが10%以内となるような調整をした。

### 2. 円錐状曲面の配置

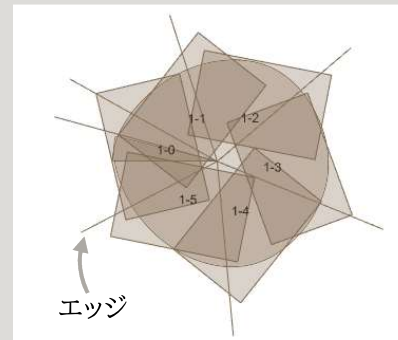
各頂点に円錐状の曲面をフィットさせる。メッシュの配置次第では鞍型のような負曲率の曲面も生成される。



エッジの中点を結ぶ曲線からメッシュの頂点へ押し出して円錐状の曲面を作成

### 3. 重ね代の決定

円錐状曲面の展開図を取得し、展開図上のもととメッシュエッジがあった位置に長方形を配置し、目標形状を作るための重ね代を決める。



展開図の中心と長方形の距離をどれだけ離すか、エッジに対してどれだけ回転するかを調整した。

### 4. 面材の貼り合わせ

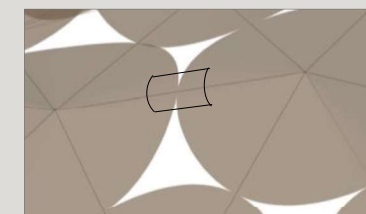
得られた重ね代通りに面材を貼り合わせる。



同じ形状の長方形の面としてトランプを使用した。

### 5. 曲面ユニットの形成

展開図から円錐(または鞍型の曲面)を作るのと同じ動作で最後の一枚を貼り合わせて面材に曲げを導入し、曲面ユニットを作る。



←ユニット間のある範囲は共通の円筒の一部のような形状となっており、ユニットとユニットを接合するために新たに面を曲げる必要はなく、単純な貼り合わせで接合できる。

### 6. ユニット同士の組立

曲面ユニット同士を重ね代の通りに貼り合わせて曲面をつなげていく。



**目標とする曲面を入力することで面の重ね方のデータを自動で出力する。**使用する面材の形状によって配置の微調整も可能である。機械制御で加工する場合は、貼り合わせ接合用の穴などまで加工するとそれに従って貼り合わせるだけで目標の曲面を生成できる。一方、手加工で作成する場合、目標形状を球面の一部のような対称的なものとして重ね方の種類を1、2種類まで減らすことができ、**加工のシステムに合わせた形態創生が可能である。**

曲面ユニットの形成は地上で落ち着いて行うことができるが、ユニット同士の接合は高所での作業や材を支えながらの作業、速さの求められる作業など、厳しい環境となることがある。そのため、**面材への曲げの導入はすべて曲面ユニットの形成の段階で行える**ような作り方としている。同様に、加工はやり直しがきかず負担が大きいと考え、**角度のつけ方は罫書きによって制御し、加工自体は直角の切断のみ**としている。

## 実際に作る



紙のような材料では設計通りに曲面を生成できることを確認した。すべての重ね代が異なるためこのままでは作成に時間がかかる。



手で一つ一つ位置合わせする作業を省くため、レーザーカッターで穴をあけ、スナップボタン(接合具を想定)で留める方式を検討した。



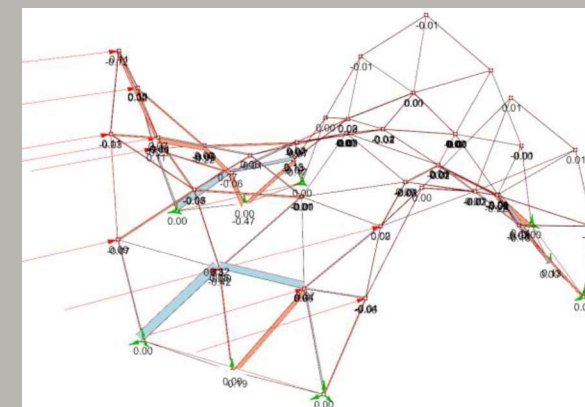
目標曲面の対称性を高め、作成を容易にした。この曲面の場合重ね代の種類は3種類となる。



実際に建築を作ることを考えると強度、剛性がある程度高い材料を使用する必要がある。そこで、木材を使ってより大きなスケールで曲面を生成するための検討を行った。面材は450×300×2.5の合板を使用した。

## 解析・接合部の検討

2.5mm厚の合板を材料に用いることを想定し、荷重時の応力に対して貼り合わせ接合は十分に耐える接合となるか簡易的に検証する。メッシュのエッジをつないだ線材でモデル化したが、実際は線材端部の回転剛性と線材中央部に存在するユニット同士の接合部の軸剛性などを考慮する必要があるため、耐力に限定して検討する。



上図は風速10m時の風荷重を想定している。貼り合わせた面と面の間にかかる最大のせん断力は0.5kN程度である。材料が薄いため自重による応力はこの値と比較して小さく0.1kN程度である。



←木材用のねじ(径3mm)を用いて接合

一本当たりの降伏耐力は約33N(木材が降伏)

風に対してはユニット間の接合部に15本程度のねじが必要であるという結果を得た。この厚さでは風に極端に弱い構造となるため屋外で使用する場合はより強度の高い材料の仕様が望ましい。また、接合に用いることができる面積の広さをより活かすために接着を併用するなどの方法が考えられる。