

## 01 広がり・支え合う地獄組

私達は、機能を持った個々の集まりが影響し合い、更に力を発揮する構造を考えた。

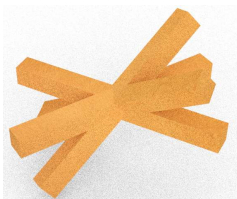
そこで、一つの案として上がったものが、切り込みを入れた木材一つ一つを組み上げ、構造的な強度を高められるといった手法である「地獄組」である。

地獄組とは、日本の伝統的な技法の一つとして存在し、従来は障子などの建具を作るのに使われていた。その名の由来としては、一度組んだら切断する以外に解体する方法がないということから、「地獄組」と名付けられた。

このような地獄組の長所を、新たな形態に発展させることを目的として、互いに支え合いながら広がりのある構造へと昇華させる。

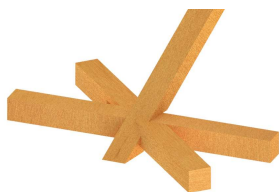
## 02 構造物としての地獄組

過去には、隈研吾氏の設計したサニーヒルズや、スターバックスコーヒー店でもこの技術が用いられ、2次元要素的に編み込んで作成していることに応用として、同一平面上から3次元的に角度をつけることで、一つの接合部に対して4つの軸が交わるようになっている。



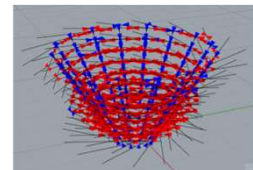
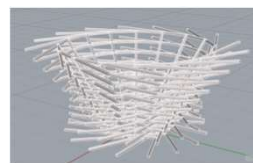
## 03 接合部としての展開

これまでの地獄組では、2次元の要素とその応用によって形成されていた。そこで今回は、平面に対して直交する要素を入れることで、2次元の要素から3次元の要素への展開を目標として接合部を作成し、地獄組を成立させた形態を作成する。



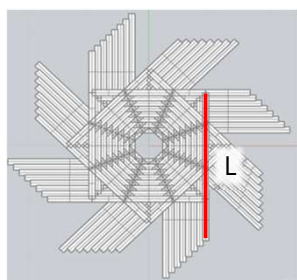
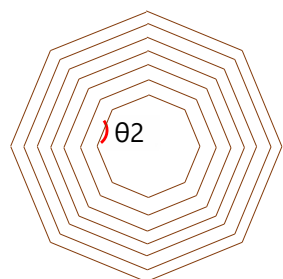
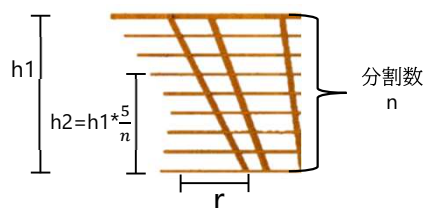
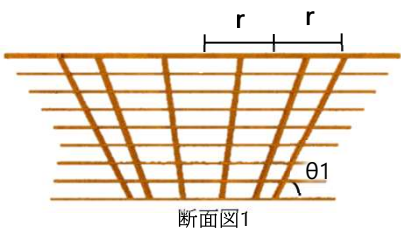
## 04 形状としての展開

3次元に展開された地獄組を用いたモデルの最終形状として、同心円状に展開するモデルを、フォーリーとして利用できるようにする。この形状のメリットとして、横材は引っ張り合うことで支え合い、縦材は、横材にかかる鉛直荷重に対する応力を軸力として伝達する。これに十分耐えられるような接合部や部材配置を行い、自立する形態を目指す。



## 05 形状ディティール

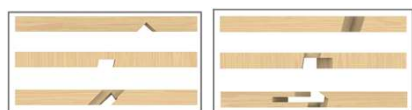
モデルに作用する力に対して十分な耐力を持った状態にするため、パラメータスタディとして、部材長さや底面の半径、展開角度をパラメータの値として設定して変化させることで形状の成立させ、構造的な要素に対して最適化を行う。



与えられた条件のもと成立つモデルの形状に対してOSforGhで構造解析を行い、さらに、GHの多目的最適化プラグインである、Wallaceiを使用して最適化形状の探索を行う。

## 06 接合部ディティール

パラメータとして設定している全体モデルの情報に付随して、接合部の切り欠き方が変化する。

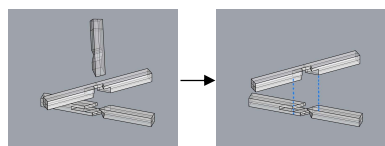


接合部切り欠き

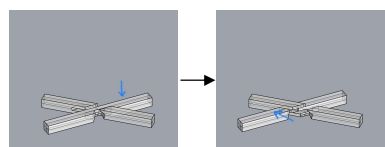


展開角度、多角形平面の辺の数によって変わる接合部の交わる角度。この角度を入力することで接合部が生成される仕組みをGrasshopperで作成。

### 接合部組み立て方

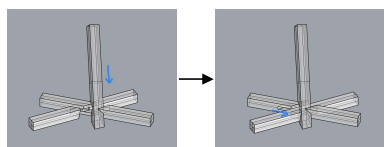


切り欠きに合わせて回転させる



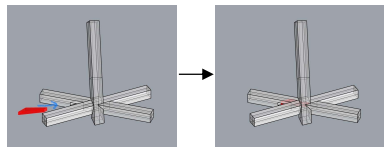
横材を重ねる

切り欠き部分に押し込む



縦材をはめ込む

押し込んだ横材を戻す



切り欠かれた部分に補強材を入れる

完成

## 07 遺伝的アルゴリズム

遺伝的アルゴリズムは、自然界は生物が進化してきた生物進化のメカニズムに着想を得た最適化手法である。

ここでは、多目的最適化を行う。定義式は以下の通りで、

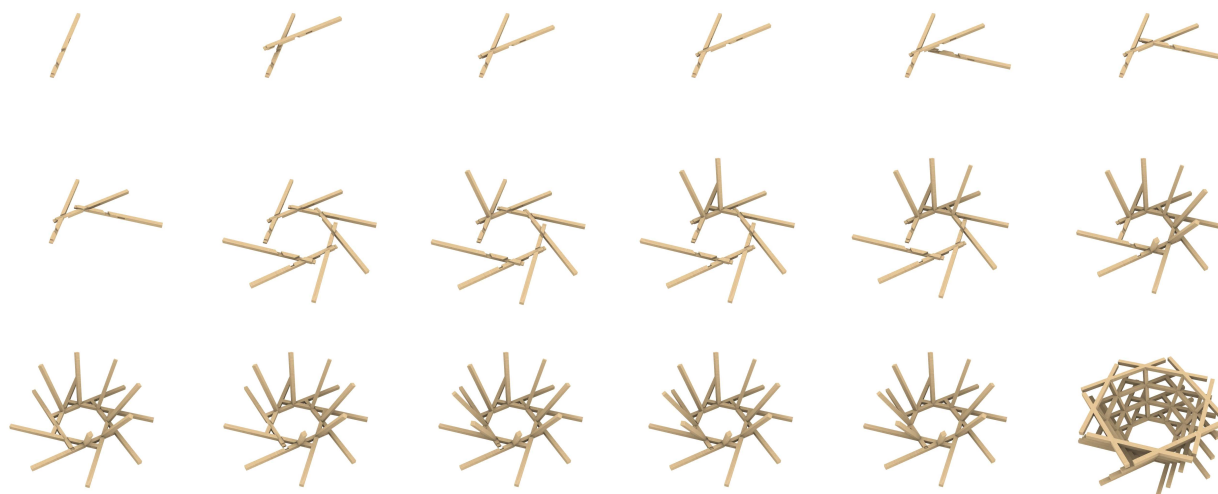
Minimize	最大軸力: N_MAX
Maximize	入口高さ: h2
Subject to	$1.1 \leq L \leq 1.5$
	$0.8 \leq r \leq 1.0$
	$35^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$

最適化を行うにあたり、目的関数は、部材にかかる最大軸力、フォーとして必要な条件である入口の高さとし、制約条件は、部材長さ、半径、展開角度を異常のように制限する。

## 09 施工方法

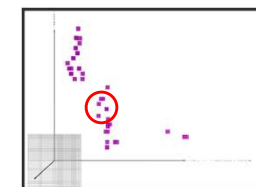
決定したモデルの施工方法を示す。

この工程を一段できるごとに斜め材と連結することで、形を成していく。



## 08 パレート解

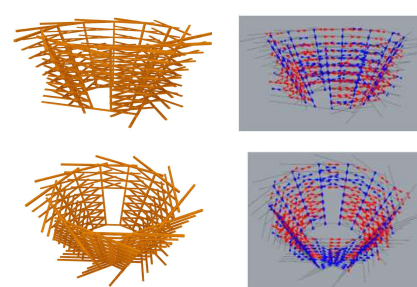
多目的最適化問題における特徴の一つであるトレード・オフの関係にある2つの目的関数のパレート解としてあたえられ、その中で最大軸力が5.0kN以下で、入口高さが1.0m以上のものを選定し、比較を行う。



パレート解の図

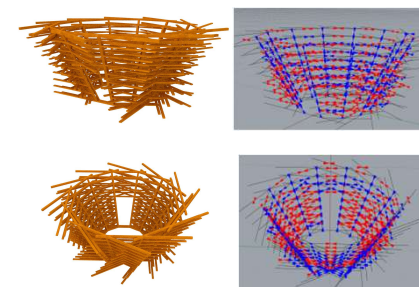
### パターン1

L = 1.34 [m] r = 0.95 [m]  $\theta = 45^\circ$   
 最大軸力: 4.60[kN] 入口高さ: 1.175[m]



### パターン2

L = 1.19 [m] r = 0.86 [m]  $\theta = 45^\circ$   
 最大軸力: 4.08[kN] 入口高さ: 1.075[m]



以上のように、多目的最適化計算によって出力された理想的な回の集合であるパレート解の中で、設計者判断の元、任意に形状を選択が可能であり、今回は最終形状としてパターン2を選択。