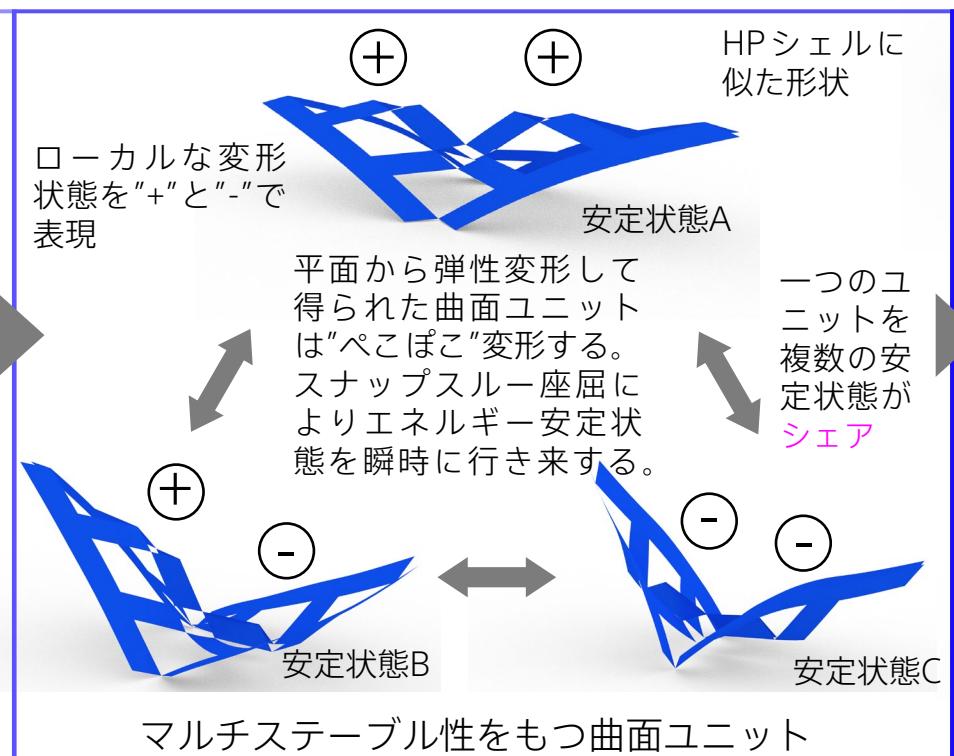
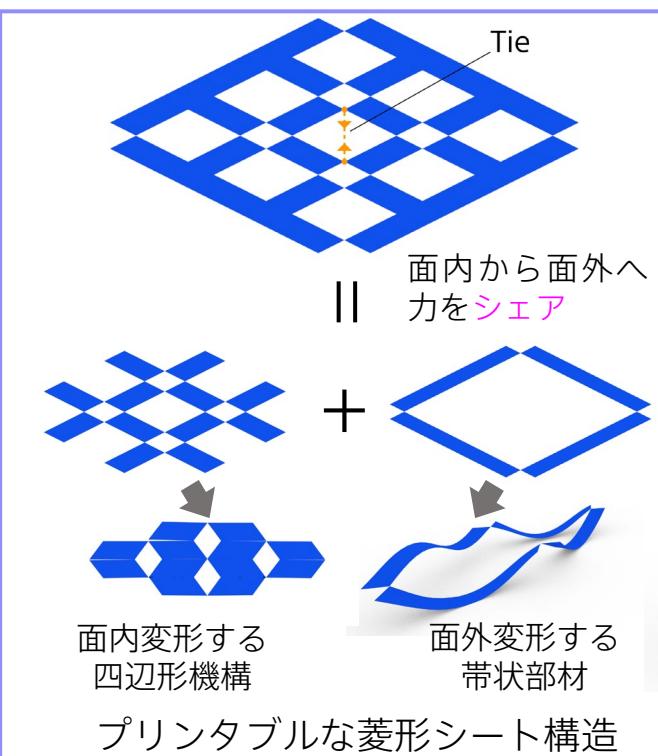


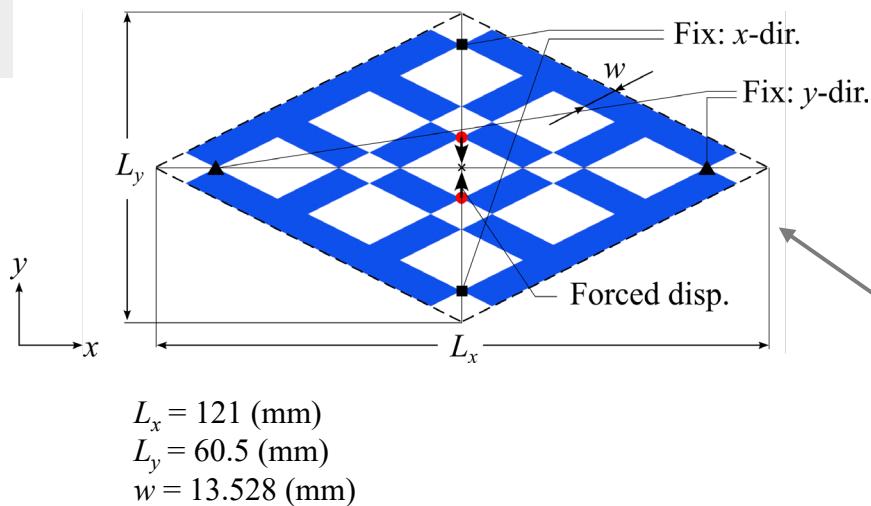
# Multi-stable Rhombus

多段階のエネルギー安定状態をもつ曲面ユニットをブロックのように繋いで製作する、複雑怪奇な曲面構造を提案する。曲面ユニット生成時の面内から面外への力のシェア、接続に伴うユニット間の境界部分のシェア、クリエイター間での曲面ユニットのシェア、曲面を創造するときのアイデアのシェア、生成した曲面の使い方のシェア…。シンプルなかたちと機能が多段階のシェアリングを生み、我々の創造活動それ自体をシェアラブルにする。

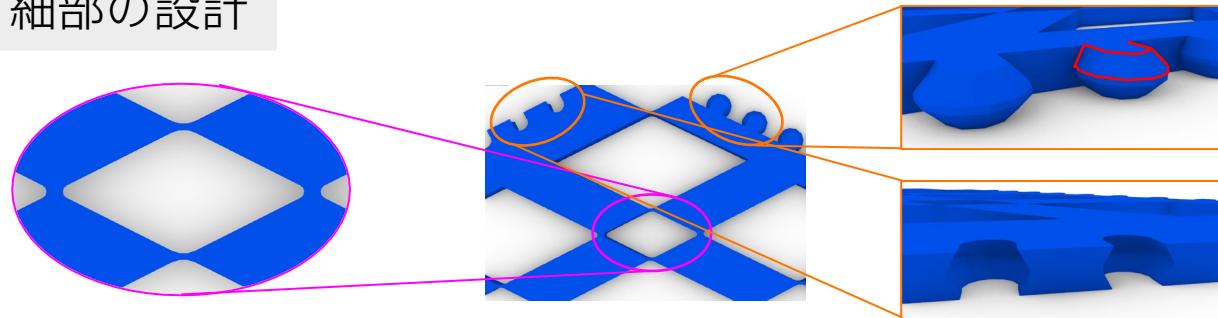


# 菱形シート的设计

青色領域で示す菱形シートは点線の菱形境界から大小2種類の相似な菱形領域を削除して得る。大小の菱形と菱形境界の相似比は1:2:10とする。 $L_x$ と $L_y$ の比は任意に調整でき、部材幅 $w$ はその比に依存する。



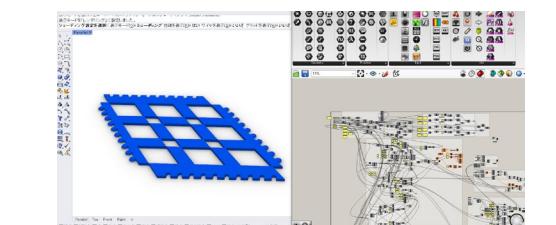
# 細部の設計



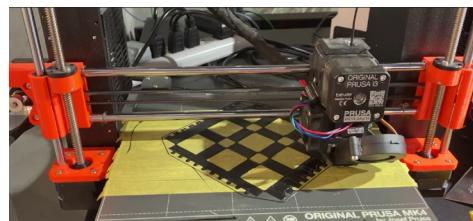
菱形シート構造の四辺形機構の頂点間や外部の帯状部材間の節点は、製作性の観点から菱形空隙の角にフィレットをつけ小さな幅を与える。菱形空隙の内角の大きい方のフィレット半径を2.5、小さい方を0.6と定める。

凸部と凹部をもつ嵌合型の接続機構を帯状部材の境界に配置する。凸部は円柱を2つの鏡映な円錐台で挟んだ形状とし、凹部は元の領域からくり抜いた形状とする。接続機構の取り付けのため菱形シートには十分な厚みを与え、ここでは3 mmとする。

# 製作の手順



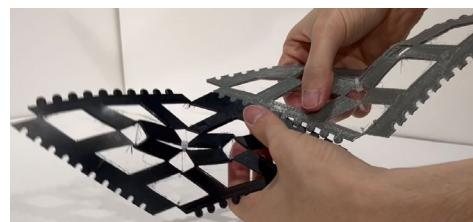
Rhinoceros/Grasshopper上で設計した菱形シートのG-codeを出力する。サポート材は不要である。



3DプリンターにはOriginal Prusa i3 MK3S (Prusa Research)を使用し、材料にはTPU95A (e-SUN)を用いる。



結束バンドを用いて中央の2点を結び曲面ユニットを生成する。



複数ユニットを接続するには、接続機構の凸部を凹部に差し込む。

# 数値シミュレーション

Rhinoceros/GrasshopperのプラグインKangaroo2を用いて曲面ユニットの生成過程と安定状態の推移を再現し、計算可能にする。

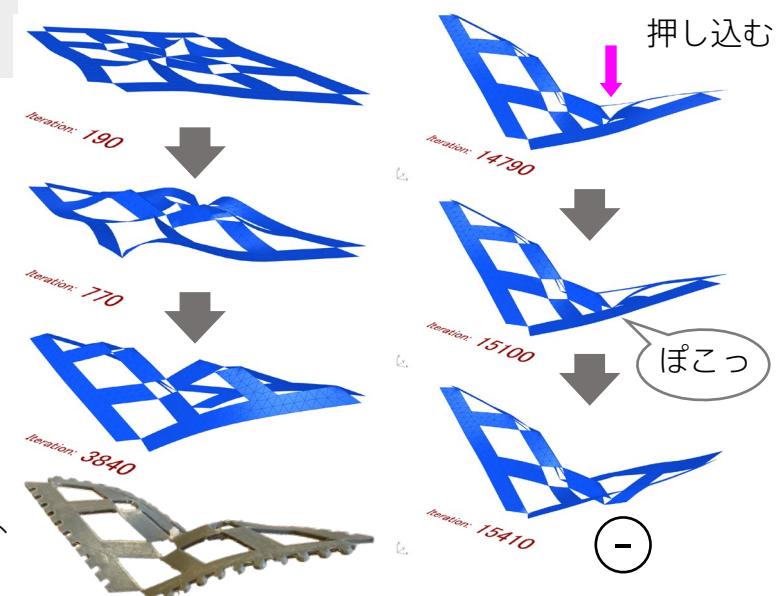
左図内の四角形と三角形のマーカーで示した節点は、それぞれx方向とy方向のみを拘束したローラー支持とする。曲面ユニットの生成には、赤色のマーカーで示した2節点を、それらを結んだ線分の中点まで変位させる。変位と同時に、これら2節点を通る直線の周りにおける程度大きな回転変位を与えて曲面の生成方向を指定する。

ヤング係数 $E$ を35 MPa、ポアソン比を0.4とする。シートの厚みを $t$ で表すと、面内剛性と面外剛性はそれぞれ $Ewt$ ,  $Ewt^3/12$ と書ける。



# 形状のスタディ

曲面ユニットのマルチステーブル性と複数ユニットの組み合わせにより膨大な種類のかたち生まれる。その一部を以下に示す。



曲面ユニットの生成。収束値は $1.0 \times 10^{-6}$ とする。計算は数秒で収束し。模型と近い形状が得られる。

安定状態から別の安定状態への推移。模型と同様に、スナップスルー座屈の発生を確認した。

菱形シートのBrepをコンポーネント[Combine & Clean] → [TriRemesh]で分割する。エッジ長さの目標値は5 mmとする。