

自由曲面を有する部品表面 への木目等凹凸形状付与手法 の開発

ロボット・制御科 副主任研究員 近野裕太

質問はメールにて事務局までお気軽にお問い合わせください。

問い合わせ先：福島県ハイテクプラザ 企画連携部産学連携科

e-mail : hightech-renkei@pref.fukushima.lg.jp

目次

1. 背景・目的

2. 開発した手法、結果

3. まとめ・今後の課題

1. 背景・目的

- 応募企業 **非公表**
- 相談内容

製品の高付加価値化を図るため、非可展な製品表面に実物の木目等のテクスチャを付けたい。

①対象が平面の場合

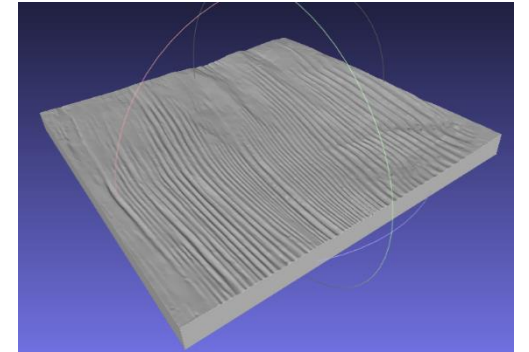
→3D-CADのブーリアン機能により容易に実施可能

②対象が円筒形状等の可展面の場合

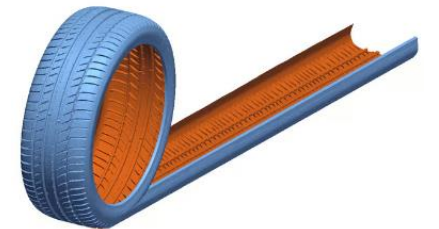
→Geomagic Design Xのロール/アンロール機能等により容易に実施可能

③対象が非可展面の場合

→**容易に実施不可能**



凹凸形状の例



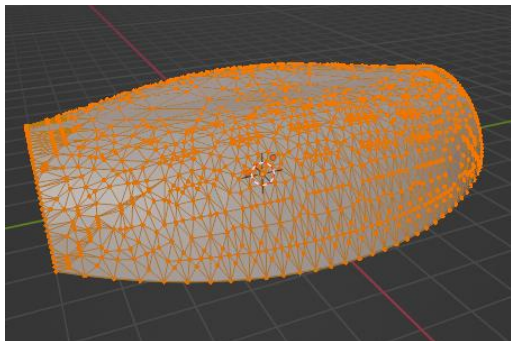
ロール/アンロールのイメージ

1. 背景・目的

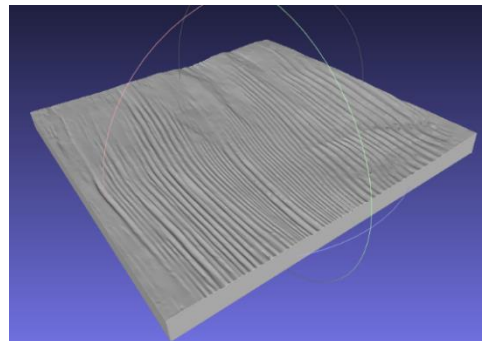
- 応募企業 **非公表**
- 本事業でやったこと

オープンソースソフトウェア等を活用した凹凸形状付与手法について開発した。

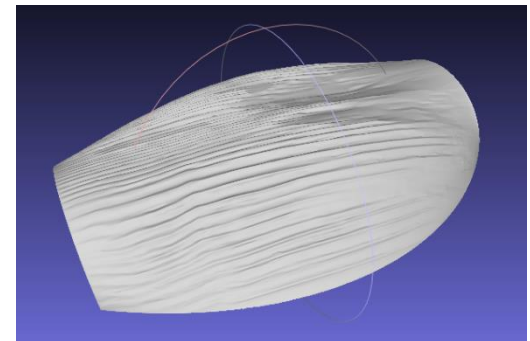
使用したOSS : Blender、Python、Meshlab、Open3D等



元の三次元メッシュデータ

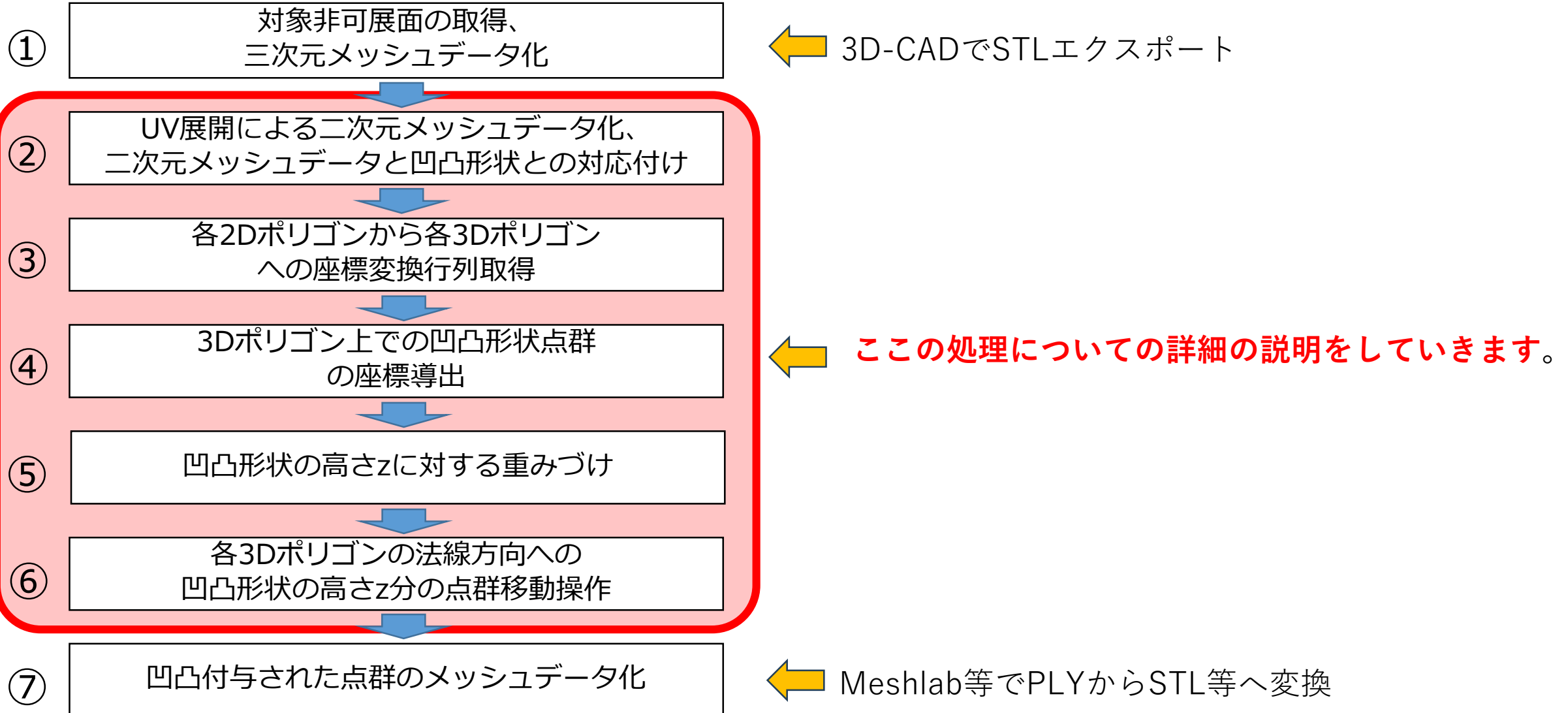


凹凸形状データ



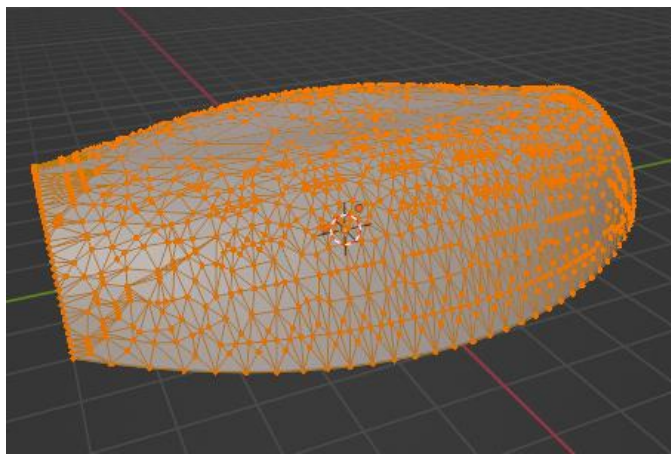
凹凸形状を付与した三次元メッシュデータ

2. 開発した手法

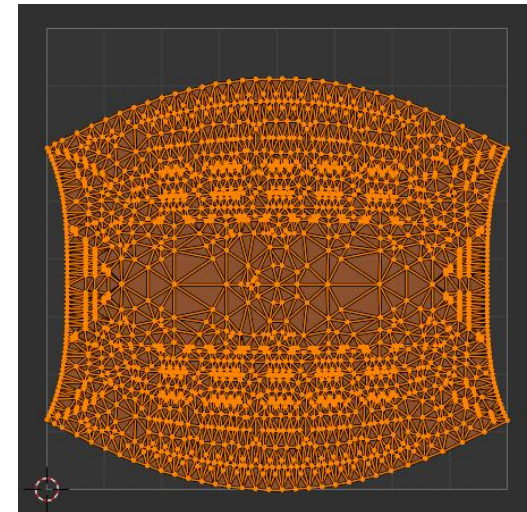


2. 1 UV展開による二次元メッシュデータ化

- Blenderにより、付与対象の曲面を二次元平面になるようUV展開
 - 三次元/二次元の三角形メッシュデータに含まれる3D/2Dポリゴンは全て1対1で対応（総数は同一）。
 - 二次元の三角形メッシュデータは、 x, y 座標ともに0から1の間に正規化された値を取る。（OBJ形式の場合）



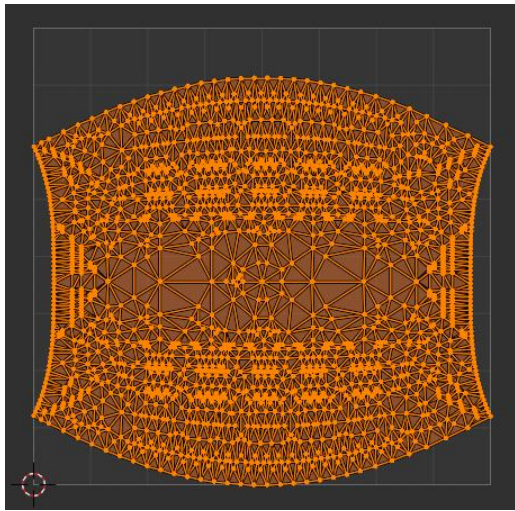
元の三次元の三角形メッシュデータ



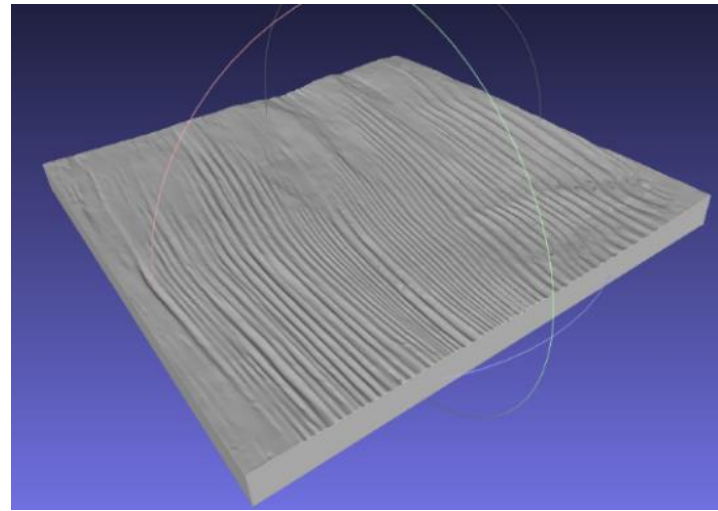
UV展開後の二次元の三角形メッシュデータ

2. 2 二次元メッシュデータと凹凸形状との対応付け

- UV展開後の二次元の三角形メッシュデータと凹凸形状データを紐づけ
 - 元の三次元の三角形メッシュデータと凹凸形状データの実寸法から、使用する凹凸形状の範囲を決定
 - 使用する凹凸形状データの x, y 座標を、0から1の間に正規化



UV展開後の二次元の三角形メッシュデータ

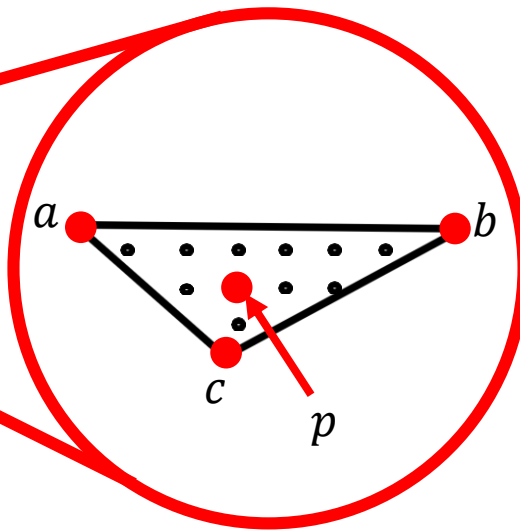
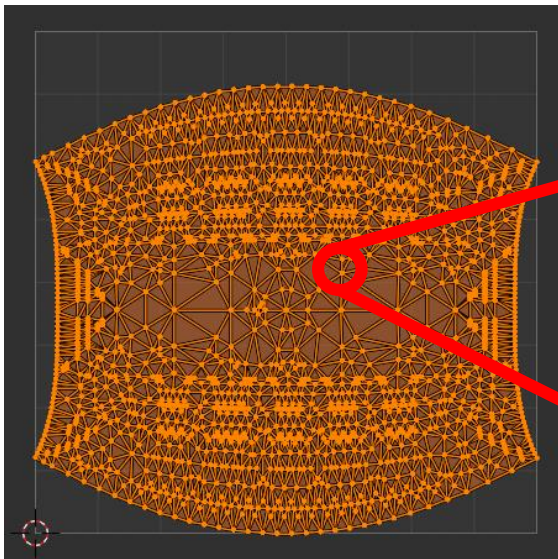


凹凸形状のデータ(点群)

2. 2 二次元メッシュデータと凹凸形状との対応付け

- UV展開後の二次元の三角形メッシュデータと凹凸形状データを紐づけ

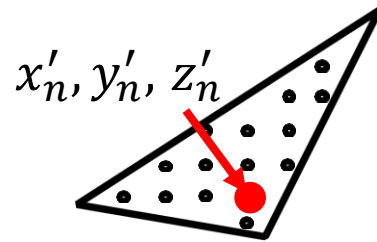
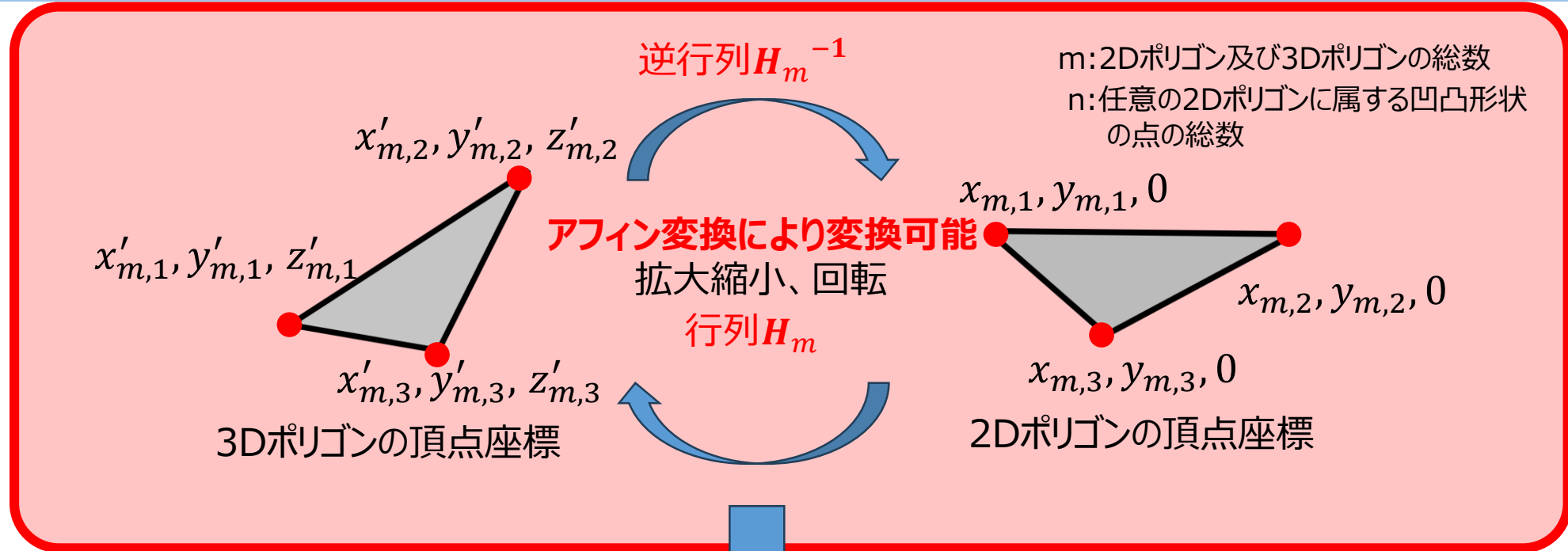
-任意の2Dポリゴンの頂点をa,b,c、任意の凹凸形状の点をpとすると、それぞれの点がなすベクトルの外積を計算し、以下の条件であれば点pが2Dポリゴンabcの内部にあること（属すること）を判別することが可能。



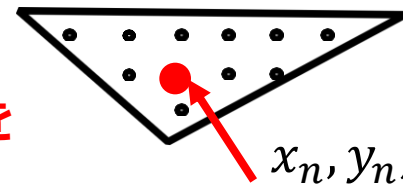
$$\begin{aligned} & \vec{ab} \times \vec{bp} > 0 \text{ and } \vec{bc} \times \vec{cp} > 0 \text{ and } \vec{ca} \times \vec{ap} > 0 \\ & \text{or} \\ & \vec{ab} \times \vec{bp} < 0 \text{ and } \vec{bc} \times \vec{cp} < 0 \text{ and } \vec{ca} \times \vec{ap} < 0 \end{aligned}$$

UV展開後の二次元の三角形メッシュデータ

2. 3 各2Dポリゴンから各3Dポリゴンへの座標変換行列取得

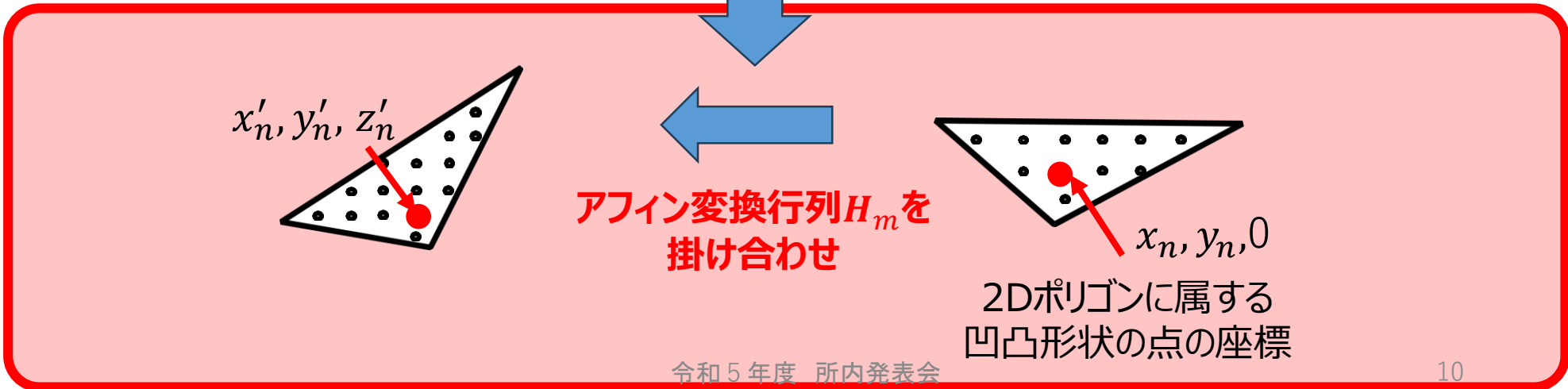
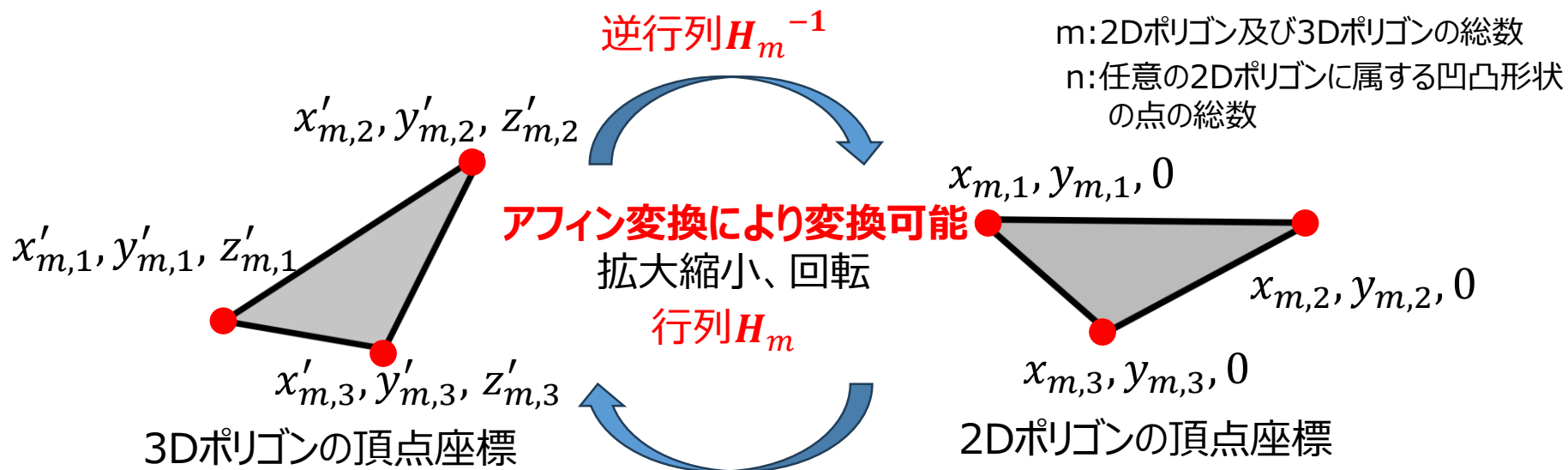


アフィン変換行列 H_m を
掛け合わせ



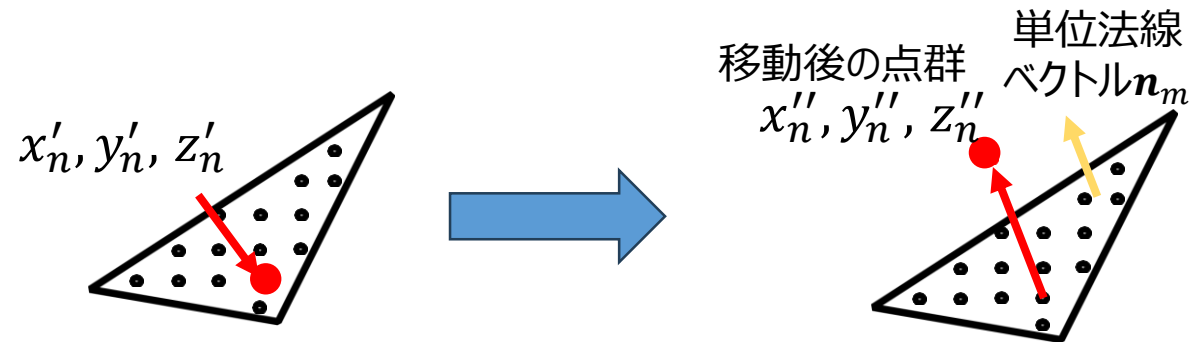
2Dポリゴンに属する
凹凸形状の点の座標

2. 4 3Dポリゴン上での凹凸形状点群の座標導出



2. 5 法線方向への凹凸形状の高さz分の点群移動操作

- 各3Dポリゴンの法線方向への凹凸形状の高さz分の点群移動操作
 - 凹凸形状の点の3Dポリゴン上での座標が導出できたので、元の凹凸形状の点が保有していた高さ z_n 分、3Dポリゴンの法線方向へ点群移動操作



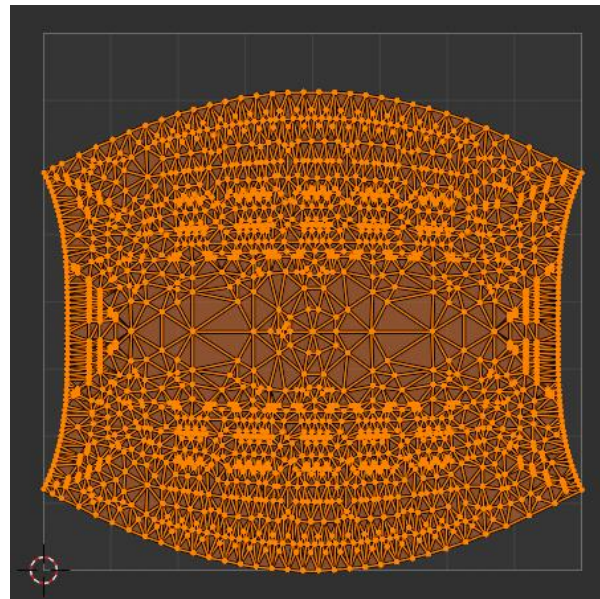
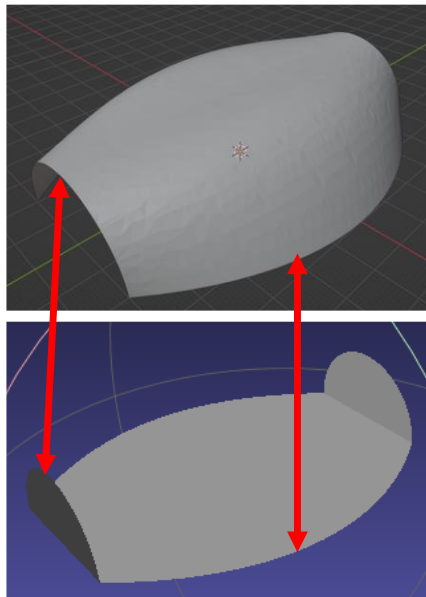
元の凹凸形状の高さ z_n 分、3Dポリゴンの法線方向に点群を移動

$$\mathbf{n}_m = \begin{bmatrix} n_{x,m} \\ n_{y,m} \\ n_{z,m} \end{bmatrix} \quad \text{とすると、} \quad \begin{bmatrix} x''_n \\ y''_n \\ z''_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x'_n \\ y'_n \\ z'_n \end{bmatrix} + z_n \mathbf{n}_m$$

2. 6 凹凸形状の高さ z に対する重みづけ

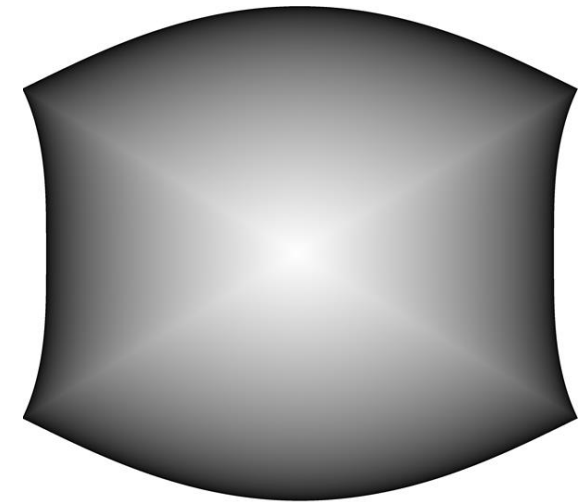
• 凹凸形状の高さ z に対する重みづけ

-これまでの処理でも凹凸形状の付与は可能だが、凹凸形状を付与した表面の端部と、元の形状においてその表面の端部と接する部分とを連続な形状にする必要あり。



UV展開後の二次元の三角形メッシュデータ

黒色に近いほど凹凸形状の高さ z_n が0に近づくように重み付け

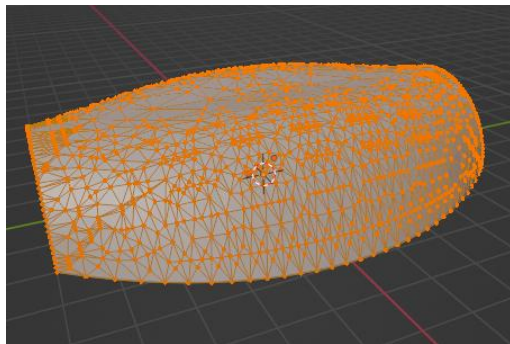


重み付けのイメージ

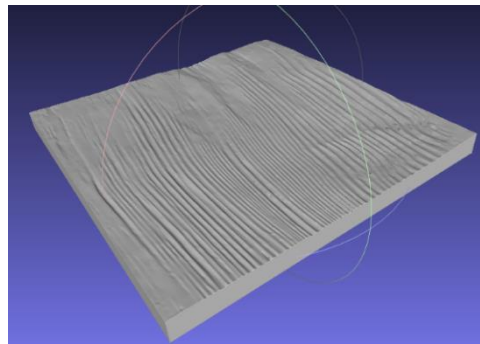
2. 7 結果

• 形状付与の例

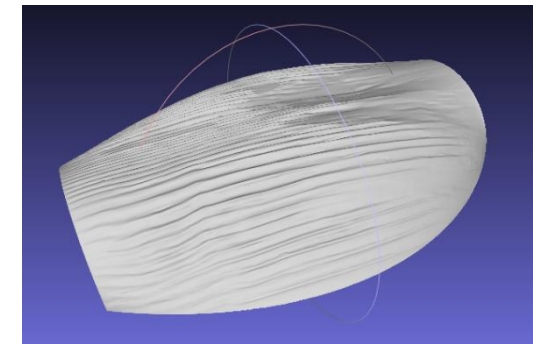
- これまでの処理を行うことで、元の三次元の三角メッシュデータに対し、3Dスキャン等で取得した凹凸形状を付与することが可能。
- 金型の3D-CADデータ作成には、メッシュデータをGeomagic Design X等でSTEP等の中間ファイルに変換する必要あり。



元の三次元メッシュデータ



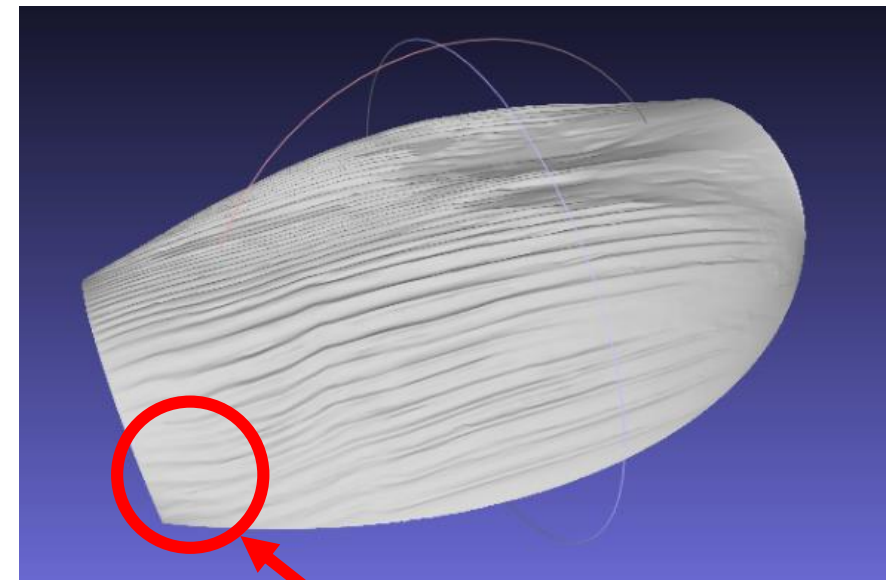
凹凸形状データ



凹凸形状を付与した三次元メッシュデータ

6. まとめ・今後の予定

- 非可展な製品曲面に対し、3Dスキャン等で取得した凹凸形状を付与する手法及びそのプログラムの開発を行った。
- 非可展な面の曲率が高い部分に付与した木目の凹凸形状に歪みが生じていることが確認されたため、歪みを抑える方法についても検討・開発していく必要があると考えられる。
- また、製品化に際し、射出成形で加工する場合に対応するため、金型の抜き勾配を考慮した手法の開発も必要。
- 企業の製品化に向け、引き続き支援を実施していく。



歪んでいる部分の例