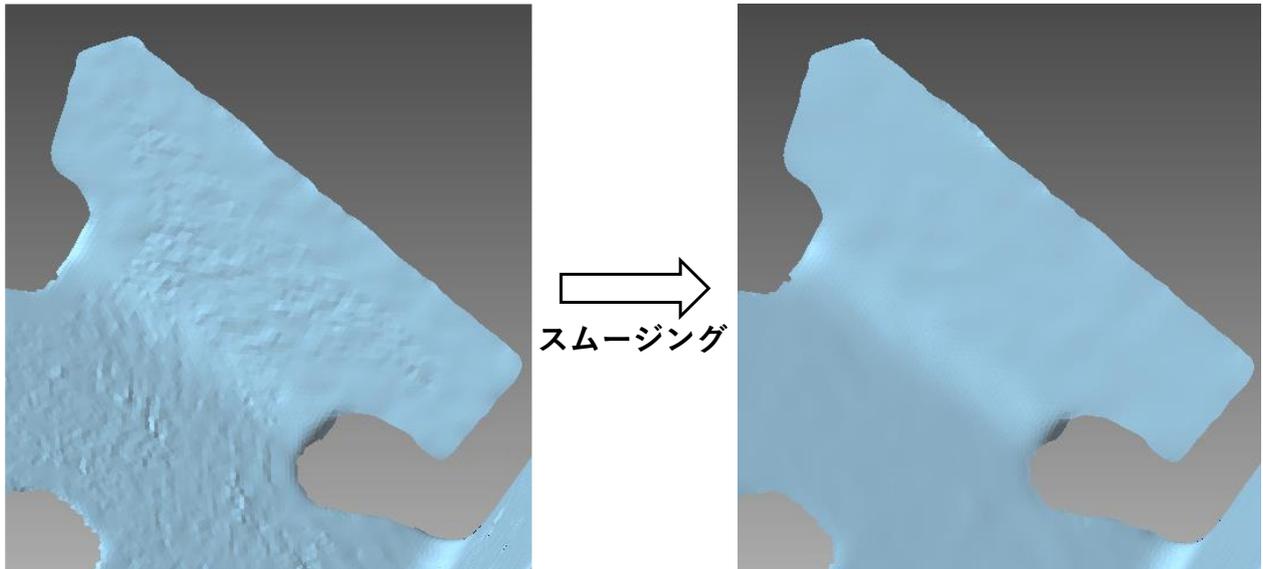


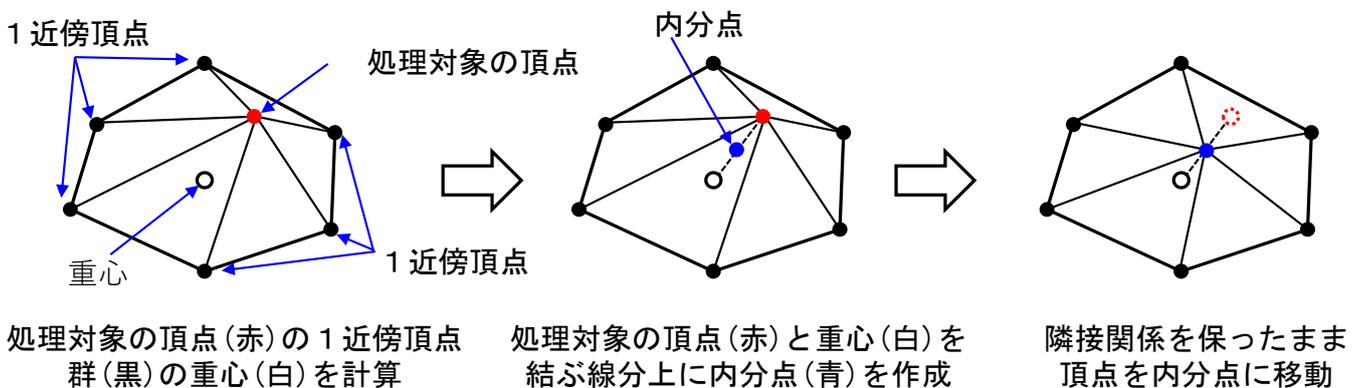
ポリゴンモデルを滑らかにする ～スムージング～

計測由来のポリゴンモデルには、下図左のように微小な凹凸が生じ易い。この凹凸は、測定時に発生する計測データの精度内のバラツキやノイズ、計測データからポリゴンモデルを作成するソフトウェアの誤差や誤りなどにより作られる。

下図のように、ポリゴンモデルの微小な凹凸をならし、滑らかにする処理を「スムージング（スムーズ化、平滑化）」という。



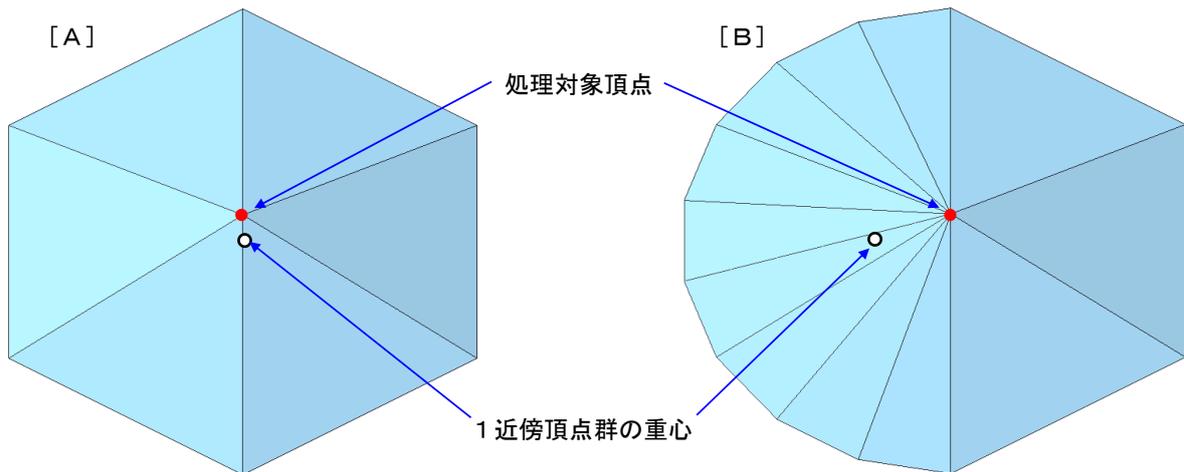
ポリゴン編集ソフトウェアのスムージング機能は、ラブラシアン・スムージングというアルゴリズムを使うことが多い。これは、ポリゴンモデルの各頂点を、その頂点の1近傍頂点群（エッジを介して隣に位置する頂点群）の重心の位置（頂点座標値の平均値）に一定の割合で近づける方法である（下図）。すべての頂点に対してこの処理を何度か繰り返し、ポリゴンモデルを徐々に滑らかにする。



頂点の周りのフェイス群が均一な形でないと、1近傍頂点群の重心が偏り、スムージング効果が十分に現れないことがある。下図で、赤い頂点の1近傍頂点群の重心位置は、[A]では周りの形状を均等に反映するが、[B]では頂点の左側の領域の影響が強くなる。

ソフトウェアによっては、頂点の周りのフェイスの面積や角度を考慮して重心位置を算出するなどの補正を行

うが、十分ではない。



効果的にスムージングするためには、すべての頂点の回りが均一な形の三角形である、すなわちポリゴンモデルが正三角形で構成されていることが望ましい。そのため、スムージング操作を効果的に行なう秘訣として、次の項目を挙げる。

- ・ スムージング前にリメッシュし、フェイスを正三角形に近づけておく。
- ・ 簡略化をしてフェイス数を減らす必要がある場合： 簡略化の操作は、スムージング前でなく、後に行なうほうがよい。(簡略化をすると三角形の形や大きさが不均一になりやすいので)

リメッシュをせずにスムージングした場合と、リメッシュしてからスムージングした場合の例を下図に示す。

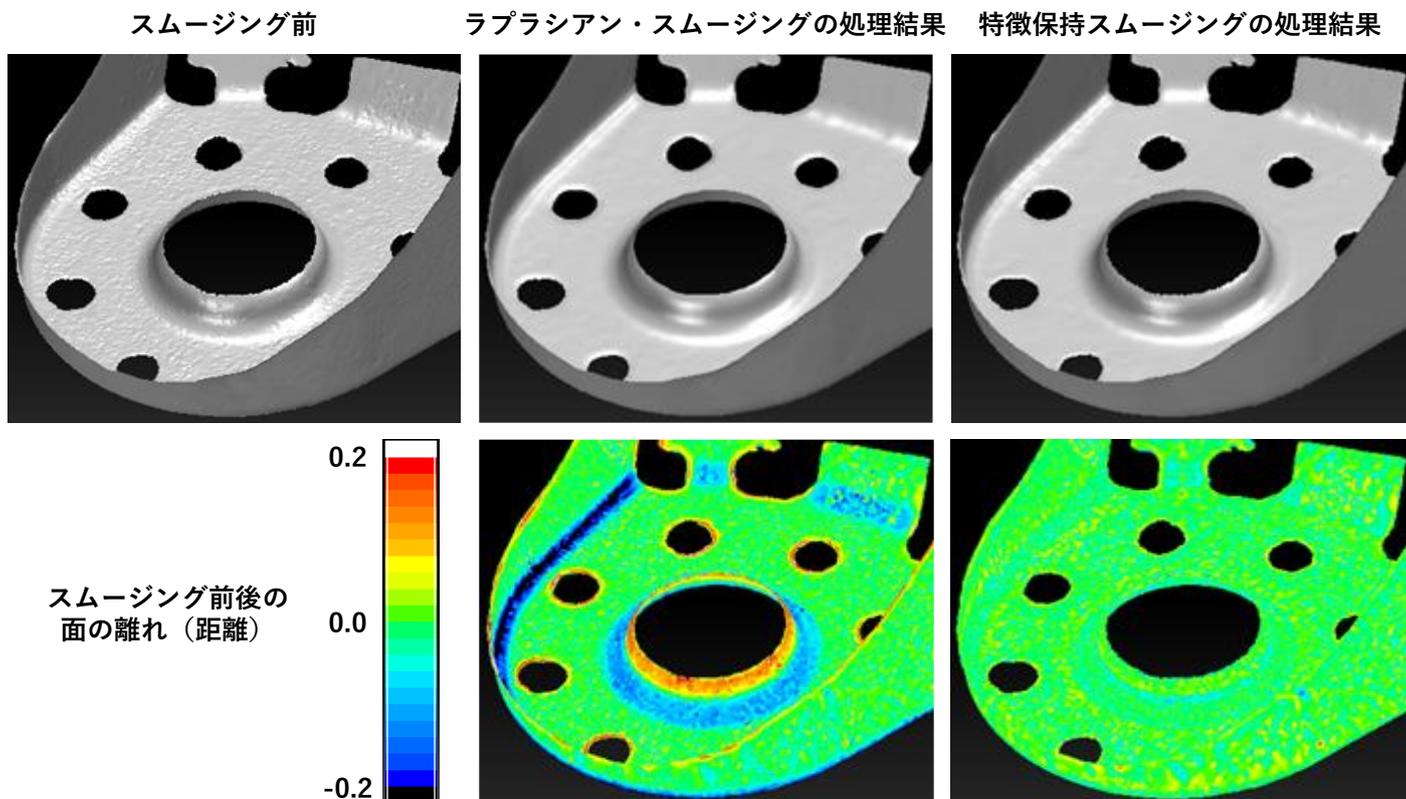


ラプラシアン・スムージングには別の問題もある。

ラプラシアン・スムージングは、頂点の座標値を平滑化する方法、すなわち各頂点の周りを平面に近づける方法であるため、球面は縮み、フィレット（丸みを持った稜線）は平らな状態（面取のような形状）に近づく。

この問題に対応するため、POLYGONALmeisterの「特徴保持スムージング」は、頂点の座標値を平滑化するのではなく、土江庄一氏らが提案しているフェイスの法線の向きを滑らかに変化させる方法を採用している。下図は、ラプラシアン・スムージングと特徴保持スムージングの処理結果の比較である。上段に処理前後の形状を、

下段にスムージングによる変形量（実行前と実行後の面の離れ）の分布を示す。上段の二つのスムージング後の形状はともに滑らかである。下段の変形量の分布では、変形量の大きいことを示す青や赤の部分がラプラシアン・スムージングに多い。ラプラシアン・スムージングは、曲がる部分や丸い部分の変形量が大きくなる。



精度を重視する利用者の中には、変形量を予測できないため、スムージング処理を実施しない方もいる。この不安に対応するため、POLYGONALmeister の特徴保持スムージングは、スムージングにより生じる離れの上限值（「最大離れ」）を入力できるようにし、最大離れが入力された場合、頂点をその値以上には移動させないようにしている。（なお、上図のラプラシアン・スムージングと特徴保持スムージングの比較では最大離れを指示していない。）

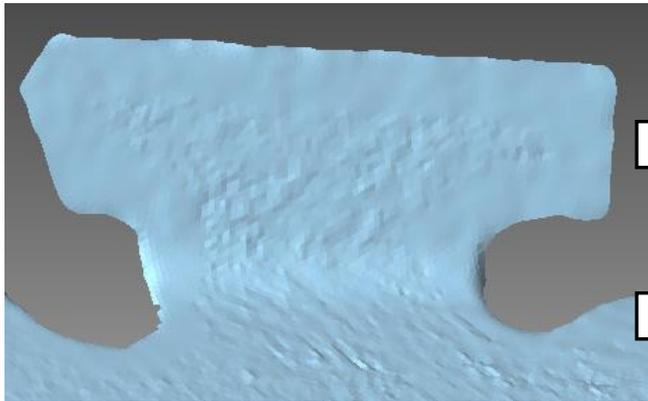
POLYGONALmeister には、「鏡面」と名付けられたスムージング方法もある。「特徴保持」は頂点ごとに凹凸をならす方法だが、「鏡面」はポリゴンモデルを曲面に近似して大域的に滑らかにする。

鏡面には 2 種類ある。

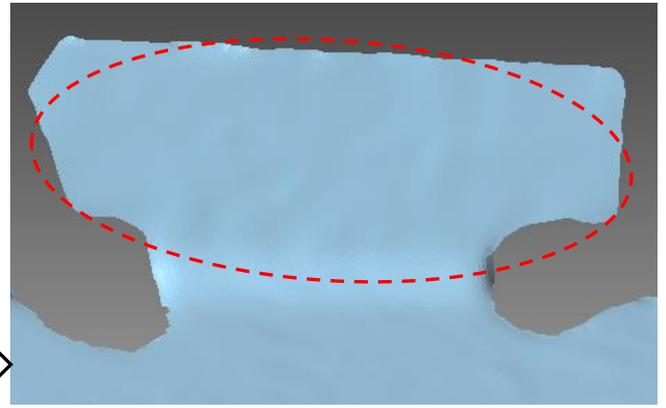
「鏡面 1」はポリゴンモデル全体を近似する滑らかな曲面を算出し、その近似曲面上にポリゴンモデルを再構成する。特徴保持と鏡面 1 の処理結果を下図に示す。特徴保持では、表面の細かな凹凸が取り除かれるが、大きな面のうねりは残っている。鏡面 1 では、大きなうねりもなくなっている。（赤い破線部分）

「鏡面 2」は、ポリゴンモデル全体ではなく、比較的平らな部分領域に特化して近似曲面を算出し、滑らかにする。

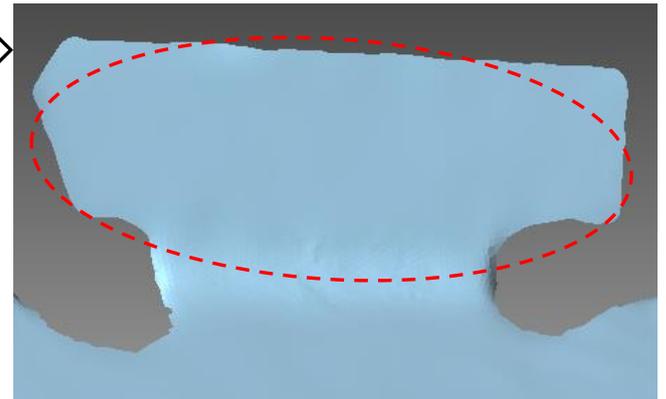
なお、鏡面を使う場合、あらかじめフェイスを正三角形に近づけておく必要はない。



元の形状



特徴保持



鏡面1

また、ポリゴンモデルの一部の領域を平面に近似したい、または円筒面に近似したいという場合には、POLYGONALmeister であれば、『平面/円筒面化』というコマンドが適している。指示された領域を近似する平面や円筒面を計算し、その近似面上に頂点を移動するという処理を行なう。

[この文書に記載している POLYGONALmeister の内部処理は、すでに公開されている資料、論文に基づく。]