

講演題目：計測ポリゴンデータを自動的に修正・整形する機能

英題目：Automatic correction and reshaping function for measured polygon data

日本ユニシス・エクセリョーションズ株式会社

営業統括本部 営業 1 部 エンジニアリング営業所 宮部昇一

135-8560 東京都江東区豊洲 1-1-1

1. 開発の背景

製造現場においては将来深刻な労働力不足が見込まれる中、3次元計測データを使って業務プロセスを改善する取り組みが各企業で行なわれている。しかし計測直後の3次元データはノイズや計測欠損部位があるなど、活用の障害となっている。日本ユニシス・エクセリョーションズ株式会社(UEL)ではポリゴンデータ編集ツール POLYGONALmeister を開発販売してきた¹⁾が、ユーザ現場の声を聴くうちに、オペレータの負荷低減や編集後のデータ品質確保のため、修正・整形処理の自動化が必要と判断した。

2. 計測データ編集処理の課題

計測由来のポリゴンデータにはCAD由来のデータと比較してノイズや不正・不良な形状が含まれていることが多いため、ポリゴンデータを修正する編集作業が必要になる。加えて、CT計測や光学式計測(3Dスキャン)という計測方法の違いにより必要な編集作業が異なる。

習熟したエンジニアがポリゴン編集ツールを適切に使い、時間を掛ければ後工程に適した質の高い修正は可能だが、ポリゴンデータ編集経験の浅いエンジニアでは、望む品質のデータを得られないことが多かった。

そこでUELでは、この2種類の計測方法に適した方式で、計測に由来するポリゴンデータを自動的に修正・整形を行う機能を開発することにした。この機能により、誰でも品質良くポリゴンデータを整形できる他、習熟したエンジニアにとっても作業時間を大幅に削減することが可能になった。

3. 修正・整形処理の自動化機能の概要

CT計測用と光学式計測用に、二つの自動修正・整形コマンドを開発した。

図1のように、ユーザは赤枠のパラメタを指示し、実行ボタンを押すだけで適切な結果を得られる。

図1：CTメッシュ整形と光学式メッシュ整形のコマンド画面。



2 コマンドに共通するのは、次のように計測の誤差やポリゴン作成までのデータ処理で生じるポリゴンデータの不正、不良箇所を修正する機能である。

- ・自己交差や折りたたみなどの問題箇所を修正する。
- ・精度不良による表面の凹凸、微小な段差を軽減する。
- ・辺長さが異なる歪んだ三角形を取り除き、個々の三角形を正三角形に近づける。

2 コマンドには次の相違点がある。

<光学式メッシュ整形>

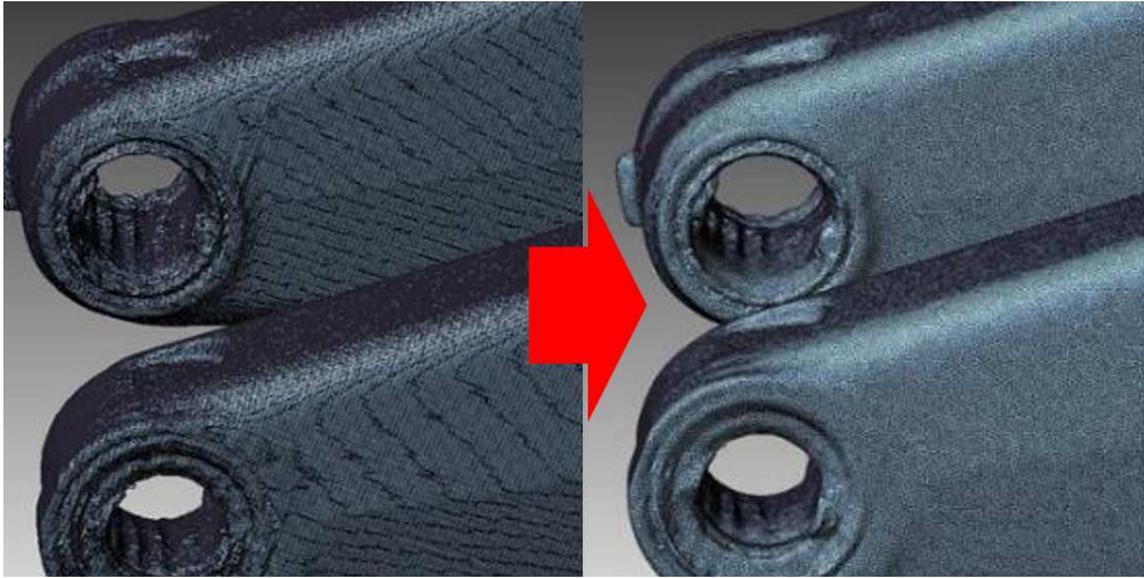
- ・一般に、CT 計測より光学式計測の方が高精度なので内部で使用するパラメタを変えている。
- ・光が届かないことによりメッシュに欠損が生じる穴を埋める。また、計測物の端部に形状の乱れが多く、シェル境界付近の形状の乱れを軽減する。

<CT メッシュ整形>

- ・CT 計測由来のデータには、計測物（実物）にはない窪みや突起が生じることがあり、計測物が薄いと貫通穴が開いたり、図2のように波状の凹凸模様を作ることもある。

経験の浅いエンジニアでは難しいパラメタの値の設定や処理プロセスを内部実行する。不正な形状修正に寄与するパラメタと整形強さに寄与するパラメタを三段階に自動設定する。

図2：CT メッシュ整形の実行結果



◆自動ではないが、計測データの活用に有効な他の機能も紹介する。

<評価系機能>

- ・距離分布：カラーマップで表示及び ply 形式での保存、距離の csv 出力。
- ・差異立体：2つのデータの差異から差異立体を作成。
- ・肉厚分布：計測データから接触球直径または厚みゲージ径をカラーマップ表示。

<編集機能系>

- ・メッシュ比較：任意の2つのポリゴンデータの動きを同期させながら、編集作業を行うことが可能。
- ・簡略化：指示した精度を保ちながらデータを簡略化できる。
- ・穴埋め：穴を自動検出し、形状に応じた穴埋めロジックにより埋めることが可能。
- ・平面/円筒面化：指示領域を平面、円筒面形状に変形。
- ・デフィーチャ：実物にはないデータ上の形状を取り除く。主に CT 画像に映し出された散乱線やアーチファクトに由来する形状を除去するときに利用。

4. 適用事例

当社も参加している VCAD 研究会※の会員企業である東京都立産業技術研究センター主催のシンポジウムでのヤマハ発動機(株)の講演「設計意図の可視化」²⁾を参考に、鋳造品のスイングアームを産業用 X 線 CT 計測装置にて撮像を行った。取り出した外表面 STL 形状を起点として POLYGONALmeister の「CT メッシュ整形機能」を適用した。手順を図 3 に、結果を表 1 に示す。検証項目は構造解析モデル製作までの時間である。現物の強度は荷重試験でも計測できるが、他社比較する上では自社の強度解析手法と同じ拘束荷重条件で構造解析を行い変形量や応力分布を観察すると設計意図を見ることができる。

図 3：実施した手順



②のポリゴンデータを修正する過程で、「CT メッシュ整形機能」を適用。

表 1：実施結果

検証項目	ポリゴンデータ直接処理	自由曲面経由
XCT 計測データと FEM メッシュ節点との差異	約 0.1mm	約 0.5mm
構造解析モデル製作時間	約半日 ・ CT メッシュ整形 計算時間 1 時間 ・ マニュアル操作での後処理 1.5 時間	約 1 週間 ※実際には作業しておらず経験者の見積りによる。
利用ツール	POLYGONALmeister	市販のリバーソフト

X 線 CT 装置は投影画像を断面画像変換後に高さ方向に積み上げる構造であるため、別の方向から見ると波状の凹凸模様が見える。この誤差は構造解析への影響は少ないが肉厚を計測して製品公差との比較するときには問題となる。

<自由曲面経由の問題点>

波状の凹凸模様の振幅は曲面近似精度と近く、リバーソフトが形状面と誤認して取り出されることも多い。製品の大部分がアルミで一部鉄を含む場合は、鉄部はぼやけ、厚めに外表面が取り出される。加えて連結する三角形の折れ角度が大きくなりトゲトゲした形状となるため、リバーソフトで曲面を取り出す計算は失敗することが多く、許容誤差をかなり多めに与えないといけいない。

<ポリゴンデータ直接処理結果>

・ CT メッシュ整形機能では、表面三角形の不良要素修正処理が内部で自動化されており時間短縮に加えて、外表面があまり動かないためリバーソフトに比べ計測データとの差異を小さくできた。処理結果も構造解析メッシュで問題となる自己交差、折り返しがないことが確認できた。その後、構造解析結果に影響を与えないメッシュサイズの 1/4-1/2 のサイズ（1 辺が 1.5 mm 程度で要素数は 61 万に低減）となるようにリメッシュ機能を使って調整した後、市販の構造解析メッシュで剛体要素用いて拘束と荷重を設定し、構造解析ソフトで強度解析を行い荷重点の変形量と応力を計算した。

5. おわりに

次期バージョンでは、許容誤差を指示した整形も可能になる予定である。計測データの編集修正作業はエンジニアの時間とスキルが必要になる業務である。本機能により計測データの活用が進み日本のものづくりに貢献することを目指している。

6. 参考文献

- [1] 谷本茂樹、3D プリンタ造形に必要なポリゴン編集機能、ユニシス技報、Vol.36, No.2, pp.97-114 (2016)
- [2] 小倉純一/土屋光生、設計意図の可視化、東京都立産業技術研究センター「金属積層造形における薄肉形状製品の品質・生産性向上のための生産支援ソフトウェアの開発」セミナー、2019/02/08