

ポリゴン編集ソフトウェア「POLYGONALmeister」の紹介

Introduction of Polygon Editing Software “POLYGONALmeister”

田 中 修 平, 佐 久 間 孝 広

要 約 ポリゴン編集ソフトウェア「POLYGONALmeister」は、UELと理化学研究所との共同研究成果を取り入れて開発された。設計者や研究者といった熟練の専門家が操作することを前提とした従来のCAD・CAMシステムと違い、操作に慣れていない利用者でも簡単にポリゴンデータの編集作業ができるように構成されている。POLYGONALmeisterは、UELの主たる活動領域である製造業だけでなく、土木測量分野や医科歯科分野でも活用されている。また、要望に応じて、ポリゴン編集機能をAPIとしても提供している。今後はポリゴンデータだけでなく、点群データや断層画像も直接扱えるようにすることと、機械学習等の新しい技術を取り入れて、利用者の業務のさらなる効率化に寄与することを目指す。

Abstract The polygon editing software “POLYGONALmeister” was developed incorporating the results of joint research between UEL and the RIKEN Institute. Unlike conventional CAD/CAM systems, which are intended to be operated by experienced professionals such as designers and researchers, this system is designed to allow even inexperienced users to easily edit polygon data. POLYGONALmeister is used not only in the manufacturing industry, which is UEL’s main area of activity, but also in the fields of civil engineering surveying and medicine and dentistry. In addition, polygon editing functions are also provided as an API upon request. In the future, we aim to make it possible to directly handle not only polygon data, but also point cloud data and tomographic images, and to incorporate new technologies such as machine learning in order to contribute to further improving the efficiency of our users’ work.

1. はじめに

ポリゴン編集ソフトウェア「POLYGONALmeister」は、日本ユニシス・エクセリューションズ株式会社（現 UEL 株式会社、以降 UEL）^{*1} と理化学研究所との共同研究成果を取り入れて開発された。共同研究チームは理化学研究所の「産業界との融合的連携研究プログラム」制度の適用を受けて2012年に発足し、3次元計測装置から採取されたデータをエンジニアリング分野において有効に使うために、ポリゴンモデルを中心としてCAD/CAM/CAEを構築することで、従来のエンジニアリングシステムで採用されている境界表現法（曲面モデル）と計測データの相性の悪さを解決することを目指した。POLYGONALmeisterは現在、UELの主たる活動領域である製造業、ものづくり分野の枠だけに収まらずに、様々な分野で利活用されている。本稿では、2章でPOLYGONALmeisterの特徴、3章で利用事例を紹介し、4章で現状の課題と今後の展望について述べる。

2. POLYGONALmeisterの特徴

POLYGONALmeisterは、X線CT装置やレーザースキャナといった3次元測定機器を出自

とするポリゴンモデルを編集することに注力したソフトウェアである。UELの主力商品として、CAD・CAMシステムのCADmeisterがあるが、こちらは従来型のエンジニアリングシステムであり、その部分での棲み分けがされている。従来のCAD・CAMシステムのユーザは設計者であり、操作方法などの面で熟練を求められることが多々ある。POLYGONALmeisterは、CADシステムなどの操作に慣れていない利用者でも簡単にポリゴンデータの編集作業ができるように構成されている。

また、計測装置由来のポリゴンモデルは、データサイズが大きくなる傾向にあるため、大規模なデータでもスムーズに作業できるような工夫がされている。例えば、いくつかの機能では処理の途中でポリゴンメッシュの状態を目視で確認できる。簡略化を例にとると、図1のように、ポリゴンメッシュの三角形数が徐々に減っていく様子が目視で確認できるため、ユーザが十分に簡略化されたと判断したタイミングで処理を停止することができ、それにより、処理時間を節約できる。

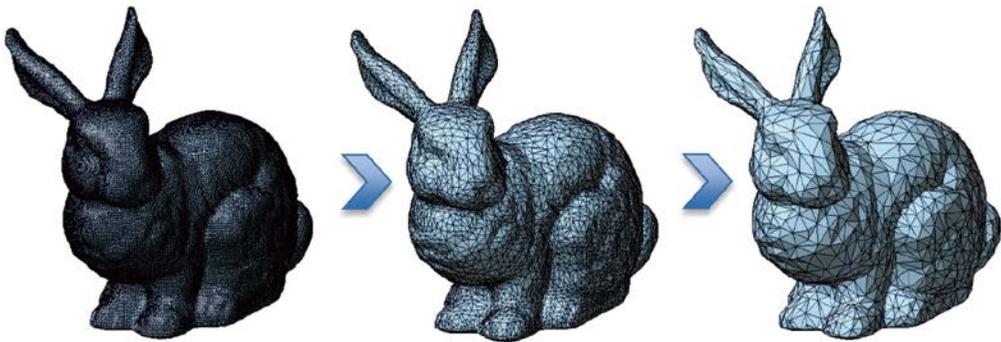


図1 簡略化途中イメージ（左：処理前，中：処理中，右：処理後）

3. 活用事例紹介

本章では、POLYGONALmeisterの活用事例を紹介する。POLYGONALmeisterの利用分野はエンジニアリング領域のみでなく、ポリゴンを扱う業務領域であれば分野、領域を問わない。また、POLYGONALmeisterで開発したポリゴン編集機能は、APIとしても提供している。協業関係にあるCAMメーカーからUELへ支援依頼があった機能をAPIとして提供したほか、デジタル化が進む歯科業界でもポリゴン編集のニーズがあり、複数の提供依頼先に対し、顧客の手持ちのソフトウェアに本APIを組み込んで利用できるようにした。利用されている機能としては、不正箇所を検出と修正を行うクリーニング機能、メッシュ表面を滑らかにするスムージング機能、ポリゴンの容量を削減する簡略化機能などがあげられる。

3.1 製造業分野

現実に存在するもの（以降、「現物」とする）を3次元測定機で測定したデータは、検査、解析、リバースエンジニアリングの用途で利用されている。測定データから得られるポリゴンは測定器の特性によって表面に計測誤差による荒れ（微細な凹凸）が発生するため、そのままでは検査、解析、リバースエンジニアリングに利用することが困難な場合が多い。

表面の荒れた部分を滑らかにする処理としてスムージングがあるが、通常のスムージングは

現物の形状の特徴として維持したいカド部分にも滑らかにする効果が適用されるため、カド部分は丸みを帯びることとなる。表面を滑らかにしつつ、カド部分を維持したいといった要望に応えることは通常のスムージングでは困難である。

この課題を解決するのがPOLYGONALmeisterのGeomスムージング機能である。Geomスムージングでは、図2のように、カドなどの形状特徴と想定される箇所を維持しつつ、表面の凹凸部分を滑らかにする効果が得られる。この処理により、ユーザは計測誤差による影響を軽減したポリゴンデータを得ることができる。

Geomスムージング機能はBIPROGY総合技術研究所の研究成果^[2]に基づくものであり、POLYGONALmeisterの一機能としてUELで実装した。

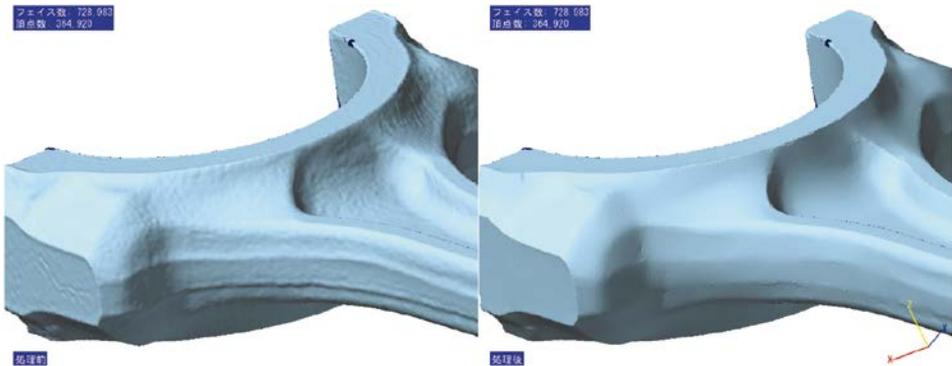


図2 Geomスムージングの実行前後（左：実行前，右：実行後）

3.2 土木測量分野

3.2.1 コンクリート、配管の腐食など経年による劣化検査

道路、橋梁、建築物など社会インフラの保守・整備業務において、3Dスキャナやドローンの導入による保守作業の効率化が進められている。具体的な現場作業としては、現物を計測して採取したデータを、設計データあるいは過去の計測データと比較することで、劣化具合を判断し、整備計画に活用するといった業務が行われている。設計データや過去の計測データを利用して、差分をコンター表示する機能は一般的であるが、インフラ保守の現場では設計データが存在しない場合や過去の計測データが存在しない場合が多く、劣化具合を定量的に把握することが難しいといった課題がある。

POLYGONALmeisterの凹凸検査機能では、設計データや過去の計測データがなくても、計測データから元形状を推定して、推定形状と比較することで、劣化具合を可視化する機能を提供している。この機能はコンクリートの経年劣化や、配管の腐食の可視化や定量検査といった場面で利用されている。図3は、計測データから元形状を推定する際の推定形状の種類の違いを表しており、計測データが湾曲した箇所のものである場合には、図右下のように「自由曲面」形状を想定して実施することで、湾曲した箇所に空いている穴の深さを精度よく検査できる。

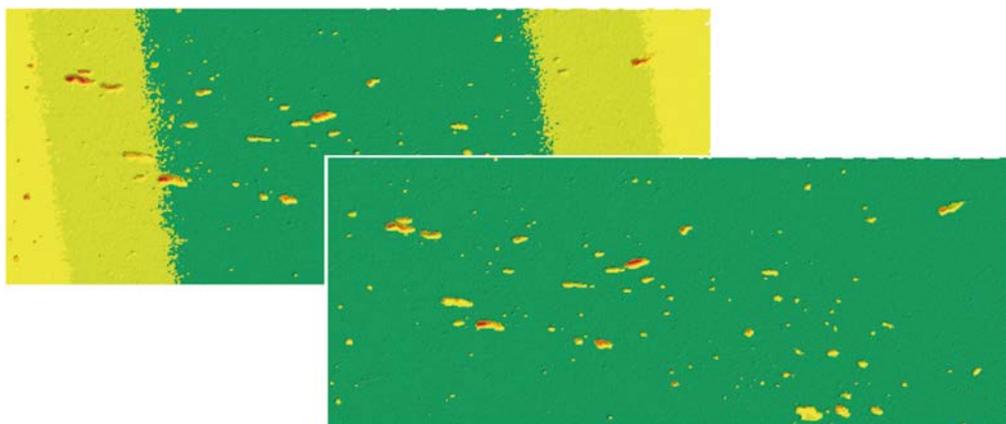


図3 左：基準形状の推定結果（左が「平面」右が「自由曲面」）

3.2.2 土地造成や残土処理におけるトラック台数見積もり

建設現場，造成予定の現場データを3D スキャナやドローンで計測し，その計測データを利用して残土の量を計算することで，手配するトラックの台数の目安を見積もるなど，作業計画に活かすことができる．POLYGONALmeisterの土量/空間体積機能では，現場の建設データをマウスドラッグで領域指示することで囲った範囲内の土量を算出することができる．図4は，土量/空間体積機能を使用して，残土想定箇所を領域指示して体積を計算したものである．

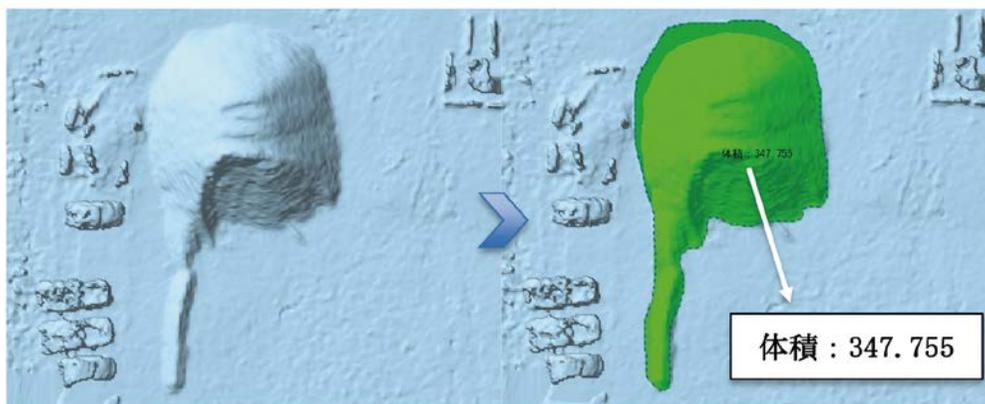


図4 土量空間体積機能による体積の推定

3.2.3 地形データの利用

地理情報は防災・減災や都市計画をはじめとして様々な分野で活用されており，2Dのみに留まらず3Dデータとして活用される機会が増えてきている．POLYGONALmeisterはLandXML形式やGeoTIFF，GML形式の地形データをポリゴンメッシュに変換する機能を有している．図5の左側は，国土地理院からダウンロードした10mメッシュのGMLファイルを地形メッシュ化機能でポリゴンに変換したものである．

ポリゴンメッシュにしたあとは，ドローンの経路情報となるGPS軌跡を作成したり，3Dプリント向けに編集して教育用の3D地形モデルを作成したりすることができる．図5の右側は，

GPS 軌跡作成・編集機能を用いてドローンの飛行経路情報を作成した例である。

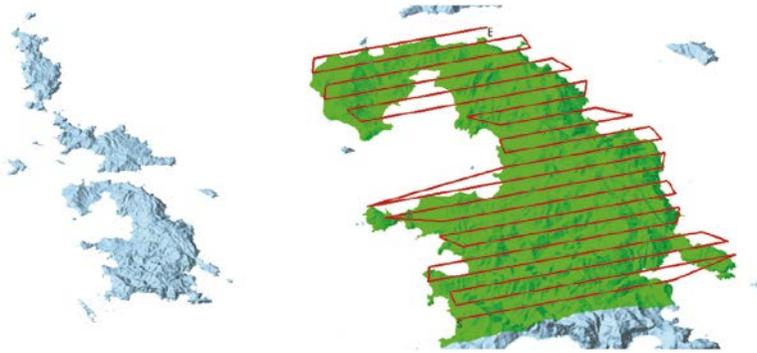


図5 地形メッシュ化機能によるポリゴンメッシュ化(左)とGPS軌跡(右)の作成例

3.3 医科・歯科分野

顎変形症治療では顎の変形を治すために、変形部分に対し骨切の手術を行う。現在の治療では、2次元のレントゲンを使って骨切の切除部分を決定している。大阪大学歯学部から、この作業をCTを使った3次元データにて行いたいとの要望が持ち込まれた。3次元で骨切部を検討するためには、患者CTデータから生成したポリゴン上にランドマーク点と呼ばれる解剖学的な特徴点68点を手動で設定する。この作業にはベテランの技師で1人の患者あたり30分程度の時間がかかる他、間違いも発生し3次元データ活用の普及の障害となっていた。この作業を自動化し診療時間の短縮と3次元による手術方針検討の効率化をはかる取り組みを大阪大学歯学部と行った。

ランドマーク点を自動で認識する手法については機械学習を試行した。大阪大学歯学部からの要件は誤差2mmであった。機械学習については、3次元点群データ向けの機械学習手法として提唱されていたPointNet++を本要件向けに改良し少数の学習データで試したところ、誤差2mmを達成できる見通しを持ち改良を重ねた。本アルゴリズムは大阪大学歯学部と共同特許^{*2}の出願を行い2023年に特許を取得した。

POLYGONAlmeisterでは、この学習モデルを利用して、個別の患者の3次元ポリゴンデータ上にランドマーク点を自動でプロットする機能を開発した。また診療方針の決定に用いる指標値を、推定したランドマーク点と標準的なランドマーク点から計算してCSV出力する機能も開発した。

図6は、左がランドマーク推定実行前の患者の3次元データで、右がランドマーク推定を実行し、ポリゴンメッシュ上にランドマーク点をプロットした結果である。

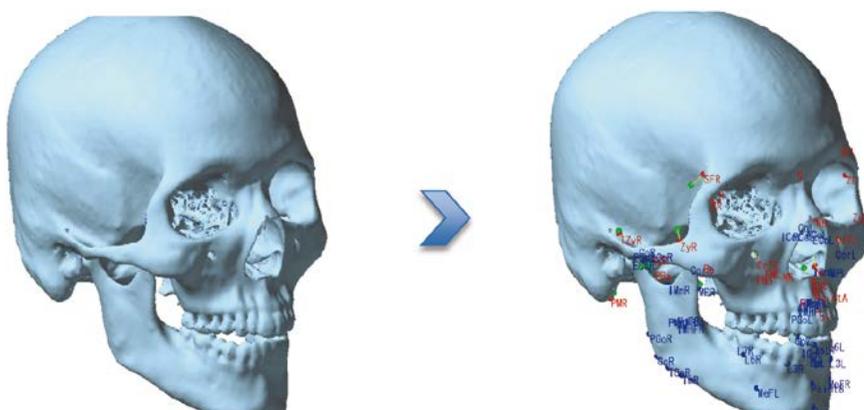


図6 ランドマーク推定前後のイメージ（左：実行前，右：実行後）

4. 現状の課題と今後の展望について

X線CT装置やレーザースキャナなど3次元計測装置から出力されるのは点群データや断層画像である。それらをPOLYGONALmeisterで扱うためには、計測器付属のソフトウェアやそれらの形式を扱える別のソフトウェアで一度ポリゴンに変換するといった手間を要する。また、CADで設計したデータと計測データを比較する際、直接的な比較はできないため、CADデータからポリゴンデータに変換するといった手間が発生するが、これもPOLYGONALmeisterではなくCAD側で実行しなければならない。ポリゴンの世界で処理をするとしても、入力や出力には点群データや様々なCADのファイルフォーマットを扱うことが求められるケースが多いのが実情である。利用シーンや現場での使いやすさを考慮すると、POLYGONALmeisterで計測データを直接扱えるようにすることが急務と考えている。

POLYGONALmeisterのリリースから今年で10年となる。その間世の中には新しい技術がいくつも生まれており、計測データを取り扱う業種においても、ハード・ソフトの両面において技術の進展がある。新しい技術を調査し取り入れ、より利用者の業務の効率化に寄与するソフトウェアを目指す。特に大阪大学歯学部事例でも紹介したようなAI（機械学習）分野の技術は、作業手順や人の作業の省力化といった面で大きな役割を果たすと考えられ、今後も積極的に取り入れていく所存である。

5. おわりに

POLYGONALmeisterの開発当初に目指した「ポリゴンエンジニアリング」について、実現できた部分がある一方、まだまだ至らない部分もある。また、4章で触れたように開発当初と比べて、世の中の情勢や技術動向、顧客からの要望も変化している。当初の想いを継承しつつ、少しでも多くの価値を提供できるソフトウェアとなるよう開発を継続していく。

* 1 UEL株式会社は2024年で設立40年を迎えた。またPOLYGONALmeisterは同じく2024年で開発10年を迎えた。

- * 2 特許第 7895143 号, 2023 年 12 月 11 日「三次元ランドマーク自動認識を用いた人体の三次元表面形態評価方法及び三次元表面形態評価システム」, 国立大学法人大阪大学, BIPROGY 株式会社.

- 参考文献** [1] 谷本茂樹, 「ポリゴンエンジニアリングの実現に向けた理化学研究所との共同研究」, ユニシス技報, 日本ユニシス, Vol.32 No.3, 通巻 114 号, 2012 年, P131 ~ 140
https://www.biprogy.com/tec_info/backnumber/114abs.html#thesis13
- [2] Shoichi Tsuchie, Masatake Higashi, “Surface Mesh Denoising with Normal Tensor Framework,” Graphical Models (Elsevier), Vol.74, No.4, pp.130-139, 2012
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1524070312000173?via%3Dihub>

※ 上記参考文献に含まれる URL のリンク先は, 2024 年 7 月 26 日時点での存在を確認.

執筆者紹介 田中修平 (Shuhei Tanaka)

2002 年日本ユニシス・エクセリューションズ株式会社 (現 UEL 株式会社) 入社. .NET Framework を利用したパッケージ開発および適用業務に従事し, その後ポリゴン関連の業務を実施, 2012 年より理化学研究所との共同研究事業に参加し, 以降 POLYGONALmeister の開発に従事している.



佐久間孝広 (Takahiro Sakuma)

1987 年日本ユニバック・ソフト・エンジニアリング株式会社入社. CAD/CAM システムの開発に従事. 2012 年日本ユニシス・エクセリューションズ株式会社 (現 UEL 株式会社) に出向, 理化学研究所との共同研究事業に参加し, 以降ポリゴン処理ソフトウェアの開発に従事.

